

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ &
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Διπλωματική Εργασία

Μελέτη Αποτυπώματος Άνθρακα και Δημιουργία Προγράμματος Υπολογισμού του

ΚΑΡΑΔΗΜΑ ΜΑΡΙΑ - ΕΛΕΝΗ

Επιβλέπων: Κ. Αραβώσης, Λέκτορας

Αθήνα, Οκτώβριος 2011

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

Ευχαριστίες…

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κο Κ. Αραβώση για την ανάθεση της εργασίας και την καθοδήγησή του. Ιδιαίτερα τον ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε σε οτιδήποτε χρειάστηκα.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον κο Β.Χ. Καψάλη, του Γραφείου Ενεργειακής Διαχείρισης ΕΜΠ, για τις πληροφορίες που μου παρείχε και τον χρόνο που μου αφιέρωσε.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κο Π. Παύλου, Υπεύθυνο Διαχείρισης Συστήματος στο Εργαστήριο Υπολογιστών, για τις χρήσιμες πληροφορίες που μου παρείχε σχετικά με την υλοποίηση του εργαλείου υπολογισμού.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το οικογενειακό και φιλικό μου περιβάλλον για τη συμπαράστασή τους καθ’ όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Μαρία - Ελένη Καραδήμα

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κεφάλαιο 1- Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου... 13
1.1 Ορισμός.. 15
1.2 Βασικός Μηχανισμός 17
1.3 Αέρια του θερμοκηπίου... 20
1.4 Η κλιματική αλλαγή 22
1.5 Φυσικά και ανθρωπογενή αέρια.. 23
1.5.1 Υδρατμοί.. 24
1.5.2 Διοξείδιο του άνθρακα.. 25
1.5.3 Μεθάνιο 28
1.5.4 Νιτρώδες οξείδιο 30
1.5.5 Φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου 31
1.6 Μέτρηση αερίων ρύπων 33
1.7 Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη 34

Κεφάλαιο 2 - Εμπορία Δικαιωμάτων Ρυπων.. 37
2.1 Εισαγωγή 39
2.2 Η Ευρωπαϊκή Ένωση και το Πρωτόκολλο του Κιότο.. 43
2.3 Μηχανισμός εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (εμπόριο ρύπων)..................... 46
2.4 Χρηματιστήριο Ρύπων 49

Κεφάλαιο 3 - Αποτύπωμα Άνθρακα (Carbon Footprint) 51
3.1 Ορισμός.. 53
3.2 Επιχειρήσεις και Αποτύπωμα άνθρακα... 57
3.3 Βασικότερα συστήματα υπολογισμού 58
3.3.1 Πρόγραμμα The Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol):............ 59
3.3.1.1 Σταθεροποιημένες Καύσεις (Καύσεις Ορυκτών Καυσίμων) 59
3.3.1.2 Ηλεκτρισμός, Θερμότητα και Ατμός.. 67
3.3.1.3 Ψύξη και Κλιματισμός.. 69
3.3.1.4 Αλουμίνιο 75
3.3.1.5 Ασβέστης 82
3.3.1.6 Σίδηρος και Χάλυβας (ατσάλι) 85
3.3.2 Πρόγραμμα Time For Change 87
3.3.2.1 Αυτοκίνητο 88

3.3.2.2 Μέσα Μαζικής Μεταφοράς 89
3.3.2.3 Οικιακή Θέρμανση 91
3.3.3 Πρότυπο ISO 14064 93
3.3.4 Πρόγραμμα Carbon Fund 94
3.3.5 Άλλα Προγράμματα Υπολογισμού 97
3.4 Αποτύπωμα Άνθρακα για γεγονότα και εκδηλώσεις 98
3.5 Κλιματική Ουδετερότητα – Αντισταθμίσματα άνθρακα 100

Κεφάλαιο 4 - Πρόγραμμα Υπολογισμού MyCarbonFtprint..................... 103
Εισαγωγή 105
4.1 Το Πρόγραμμα MyCarbonFtprint 106
4.1.1 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *1. Σταθ. Καύσεις*.................................. 109
4.1.2 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση*.................... 114
4.1.2.1 Ηλεκτρισμός... 115
4.1.2.2 Θέρμανση 117
4.1.2.1 Φυσικό Αέριο 121
4.1.3 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: 3. Ψύξη_AC 124
4.1.3.1 Εκπομπές Εγκατάστασης, Λειτουργίας και Διάθεσης 125
4.1.3.2 Προσέγγιση Εκπομπών με βάση τις Πωλήσεις 128
4.1.3.3 Προσέγγιση Εκπομπών με βάση τον Κύκλο Ζωής 128
4.1.4 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *4. Μεταφορές* 131
4.1.2.1 Οχήματα 131
4.1.2.2 Μέσα Μαζικής Μεταφοράς 136
4.1.5 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις* 138
4.1.6 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: 6. Αλουμίνιο 144
4.1.7.1 Χωνευτήρια Μέθοδος... 145
4.1.7.2 Μέθοδος Söderberg... 148
4.1.7 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: 7. Σίδηρος_Χάλυβας 151
4.1.8 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: 8. Σύνολο Εκπομπών 154
4.1.8.1 Συνολικές Εκπομπές.. 154
4.1.8.2 Μετατροπές Μονάδων 155
4.1.9 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: 9. Συντ. Εκπομπής............................... 156

Κεφάλαιο 5 - Μελέτη Περιπτώσεων Υπολογισμού του Αποτυπώματος Άνθρακα 159
5.1 Μελέτη 1ης Περίπτωσης: Συνέδριο CEMEPE 2011 161

5.1.1 Δεδομένα Υπολογισμού 162
5.1.2 Υπολογισμός του αποτυπώματος με το εργαλείο MyCarbonFtprint 166
5.1.3 Υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα με άλλα προγράμματα. 170
5.1.3.1 Υπολογισμός με την Εφαρμογή Carbonfund.org 170
5.1.3.2 Υπολογισμός με την Εφαρμογή Terra Pass 172
5.1.3.3 Συνολικά αποτελέσματα των εφαρμογών Carbonfund.org και Terra Pass 174
5.1.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων 175
5.2 Μελέτη 2ης Περίπτωσης: Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου 177
5.2.1 Δεδομένα Υπολογισμού 178
5.2.2 Υπολογισμός του αποτυπώματος με το εργαλείο MyCarbonFtprint 181
5.2.3 Υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα με άλλα προγράμματα. 185
5.2.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων 188

Κεφάλαιο 6 - Σχόλια - Συμπεράσματα 189

Κεφάλαιο 7 - Βιβλιογραφία 193

Συντομογραφίες 197

Παράρτημα 201

Εισαγωγή

Στόχος του παρόντος πονήματος είναι η επισταμένη μελέτη του αποτυπώματος άνθρακα και των μεθοδολογιών που το υπολογίζουν καθώς και η δημιουργία ενός αξιόπιστου εργαλείου υπολογισμού του. Αφορμή για τη διεξαγωγή της εργασίας είναι η ραγδαία αύξηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, που επιβαρύνουν με την πάροδο των χρόνων όλο και περισσότερο την ατμόσφαιρα.

Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάζονται κάποιες γενικές θεωρητικές γνώσεις για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, που θεωρούνται απαραίτητες για την περαιτέρω κατανόηση του αποτυπώματος άνθρακα. Επίσης, αναλύονται τα αέρια που συμβάλλουν στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Στο Κεφάλαιο 2 μελετώνται οι διεθνείς εξελίξεις στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και αναφέρονται οι αποφάσεις που έχουν ληφθεί για την αντιμετώπιση του προβλήματος του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Στο Κεφάλαιο 3 ορίζεται αρχικά το αποτύπωμα άνθρακα, το οποίο αποτελεί και το βασικό αντικείμενο μελέτης. Γίνεται καταγραφή των ορισμών του φαινομένου από διάφορους επιστήμονες και προτείνεται ένας πλήρης ορισμός. Στη συνέχεια αναλύεται η βασικότερη μεθοδολογία υπολογισμού του προγράμματος, καθώς και κάποια άλλα ευρέως χρησιμοποιούμενα προγράμματα υπολογισμού. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου αναλύεται η διεθνής αγορά που σχετίζεται με το αποτύπωμα άνθρακα.

Το Κεφάλαιο 4 αποτελεί βασικό κεφάλαιο της παρούσα εργασίας. Στο Κεφάλαιο αυτό γίνεται ανάλυση του προγράμματος υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα, που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της εργασίας. Αναλύεται η μεθοδολογία με την οποία γίνεται ο υπολογισμός για κάθε κατηγορία και παρουσιάζεται με εικόνες το πρόγραμμα.

Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται μελέτη του αποτυπώματος άνθρακα δύο περιπτώσεων. Αρχικά γίνεται κατάλληλη αξιολόγηση των δεδομένων και στη συνέχεια υπολογίζεται το αποτύπωμα άνθρακα με το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε για την παρούσα εργασία όσο και με άλλα προγράμματα. Μετά τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων των προγραμμάτων και αιτιολόγηση των διαφορών τους.

Στο Παράρτημα της Εργασίας έχει δημιουργηθεί ένα εγχειρίδιο χρήσης για τους χρήστες του προγράμματος που αναπτύχθηκε.

Κεφάλαιο 1

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

1.1 Ορισμός

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ένα φυσικό φαινόμενο, τόσο παλιό όσο και ο πλανήτης μας, που απασχολεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια τον επιστημονικό κόσμο και μη. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μία διαδικασία κατά την οποία η ενέργεια που εκπέμπεται από μία πλανητική επιφάνεια απορροφάται από κάποια αέρια της ατμόσφαιρας, τα λεγόμενα αέρια του θερμοκηπίου. Τα αέρια αυτά μεταφέρουν την ενέργεια σε άλλα στοιχεία της ατμόσφαιρας. Η ενέργεια έτσι επανεκπέμπεται προς όλες τις κατευθύνσεις, συμπεριλαμβανομένης και αυτής που επιστρέφει στην επιφάνεια.

Ο μηχανισμός αυτός μεταφέρει ενέργεια στην επιφάνεια και στα χαμηλότερα επίπεδα της ατμόσφαιρας, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία εκεί να είναι υψηλότερη απ' ότι θα ήταν εάν ο μοναδικός μηχανισμός θέρμανσης ήταν η ηλιακή ακτινοβολία. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου εξασφαλίζει επομένως στη Γη μια σταθερή θερμοκρασία, στην οποία οφείλεται η ανάπτυξη της ζωής.

Τα τελευταία χρόνια όμως έχει παρατηρηθεί μία έντονη αλλαγή του κλίματος της Γης, που οφείλεται στη ρύπανση της ατμόσφαιρας από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Έτσι ο όρος Φαινόμενο του Θερμοκηπίου δεν αναφέρεται πλέον στη φυσική διεργασία αλλά στην έξαρση αυτής.

Στον Πίνακα 1.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται μια χρονολογική αναδρομή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

1824	Ο Ζοζέφ Φουριέ διαπιστώνει ότι η ατμόσφαιρα της Γης επιδρά στη θερμοκρασία του πλανήτη
1858	Για πρώτη φορά γίνονται αξιόπιστα πειράματα από τον Τζον Τιντάλ.
1896	Ο Σουηδός Σβάντε Αρρένιους υποστηρίζει ότι η θερμοκρασία του εδάφους επηρεάζεται από τα αέρια που συγκρατούν τη θερμότητα.
1941	Ο Σέρβος Μιλουτίν Μιλάνκοβιτς υποστηρίζει ότι η μεταβολή της τροχιάς της Γης, μας φέρνει κάθε 40.000 χρόνια την εποχή των παγετώνων.
1957	Ο Τσαρλς Ντέιβιντ Κίλινγκ μετράει την συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, από ένα παρατηρητήριο στη Χαβάη. Σε περίοδο έξι ετών, φαίνεται καθαρά η αύξηση της συγκέντρωσης του ποσοστού του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.
1980	Ο Σουηδός Μπερτ Μπολίν διαπιστώνει πως η θερμοκρασία της Γης αυξάνεται εδώ και ένα αιώνα.
1988	Ο ΟΗΕ και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Μετεωρολογίας συστήνουν την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC).
1992	Στη σύνοδο του Ρίο ντε Τζανέιρο 167 κράτη υπογράφουν τη μη δεσμευτική Σύμβαση - Πλαίσιο για τις κλιματικές αλλαγές.
1997	Στο Κιότο της Ιαπωνίας 37 βιομηχανικές χώρες δεσμεύονται να μειώσουν ως το 2010 τις εκπομπές αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, υπογράφοντας το Πρωτόκολλο του Κιότο
2002	Με την Απόφαση 2002/358/ΕΚ εγκρίνεται το Πρωτόκολλο του Κιότο από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα και καθορίζονται οι επιμέρους στόχοι για τα κράτη – μέλη
2003	Με την Οδηγία 2003/87/ΕΚ θεσπίζεται το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών για τις περιόδους 2005 – 2007 και 2008 – 2012
2004	Το Νοέμβριο κυρώνει η Ρωσία το Πρωτόκολλο του Κιότο

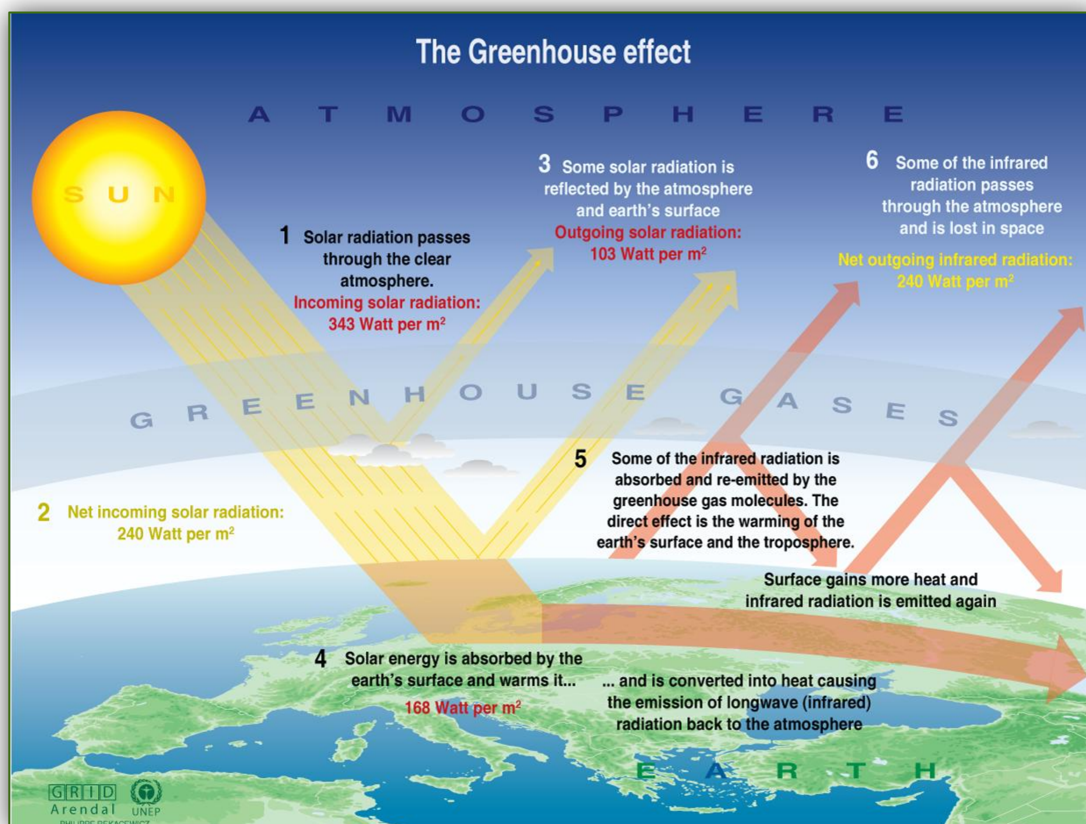
Πίνακας 1.1 - Χρονολογική αναδρομή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου

1.2 Βασικός Μηχανισμός

Ο βασικός μηχανισμός λειτουργίας του Φαινομένου του Θερμοκηπίου είναι ο εξής: Ο ήλιος εκπέμπει ακτινοβολία (με τη μορφή ορατού φωτός) προς τη Γη. Ένα μέρος αυτής της ακτινοβολίας αντανακλάται από την ατμόσφαιρα, τα σύννεφα ή την επιφάνεια της Γης και επιστρέφει στο διάστημα. Το μεγαλύτερο όμως κομμάτι της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από την επιφάνεια της Γης και τους ωκεανούς (το 51% της ηλιακής ακτινοβολίας), θερμαίνοντας τους ταυτόχρονα, ενώ σε μικρότερο ποσοστό απορροφάται από την ατμόσφαιρα και τα σύννεφα.

Λόγω όμως της θερμότητας της, η Γη εκπέμπει επίσης ακτινοβολία (θερμική) η οποία είτε ακτινοβολείται στο διάστημα απ' ευθείας από την επιφάνεια της Γης, είτε ακτινοβολείται από τα σύννεφα και την ατμόσφαιρα προς όλες τις κατευθύνσεις. Η ακτινοβολία που εκπέμπεται προς τα κάτω απορροφάται ξανά από την επιφάνεια της Γης. Κατά συνέπεια, η παρουσία της ατμόσφαιρας έχει σαν αποτέλεσμα η επιφάνεια να απορροφά περισσότερη ακτινοβολία απ' ότι θα απορροφούσε αν δεν υπήρχε η ατμόσφαιρα και επομένως είναι θερμότερη απ' ότι θα ήταν αλλιώς. Η γήινη ατμόσφαιρα συμπεριφέρεται επομένως ως μια δεύτερη πηγή θερμότητας.

Στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζεται ο μηχανισμός λειτουργίας του Φαινομένου του Θερμοκηπίου και αναγράφονται οι ποσότητες ενέργειας λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια συγκεκριμένη επιφάνεια (Watt/m^2)



Εικόνα 1.1 – Μηχανισμός λειτουργίας του Φαινομένου του Θερμοκηπίου
[Πηγή: United Nations Environment Programme - http://www.unep.org]

Προκειμένου να κατανοήσουμε ακόμα καλύτερα το φαινόμενο του Θερμοκηπίου, θα προχωρήσουμε σε μία βαθύτερη ανάλυση του μηχανισμού. Η ακτινοβολία από τον ήλιο, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας της επιφάνειάς του φθάνει στη Γη κυρίως στην υπεριώδη και ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Σύμφωνα με τους νόμους ακτινοβολίας του μέλανος σώματος[1], επειδή η θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης είναι πολύ χαμηλότερη από εκείνη του ηλίου, η ακτινοβολούμενη από αυτή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία βρίσκεται σε περιοχές μεγαλύτερου μήκους κύματος και κυρίως στην περιοχή του υπερύθρου. Η ισορροπία μεταξύ της εισερχόμενης ακτινοβολίας και της εξερχόμενης είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη διαχρονική σταθεροποίηση της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας.

Εάν ένα ιδανικό μέλαν σώμα βρισκόταν στην ίδια απόσταση από τον Ήλιο όπως η Γη, θα είχε μία αναμενόμενη θερμοκρασία 5,3 °C. Εντούτοις, αφού η Γη αντανακλά περίπου το 30% του εισερχόμενου ηλιακού φωτός, η θερμοκρασία του

[1] Ένα ιδανικό μέλαν σώμα (black body) είναι ένα σώμα που έχει την ιδιότητα να απορροφά πλήρως κάθε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με οποιοδήποτε μήκος κύματος

πραγματικού μέλανος σώματος του πλανήτη είναι περίπου -18 ή -19 °C, περίπου δηλαδή 33 °C κάτω από τη θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης που είναι περίπου 14 °C ή 15 °C. Ο μηχανισμός που προκαλεί αυτή τη διαφορά ανάμεσα στην πραγματική θερμοκρασία της επιφάνειας και τη θερμοκρασία του μέλανος σώματος είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Όπως αναφέραμε, η απορροφούμενη ενέργεια θερμαίνει την επιφάνεια της Γης και στη συνέχεια αυτή η θερμότητα χάνεται ως θερμική ακτινοβολία. Αυτό όμως αποτελεί ένα εξιδανικευμένο μοντέλο ενώ η πραγματικότητα είναι αρκετά πιο πολύπλοκη: η ατμόσφαιρα κοντά στην επιφάνεια είναι κυρίως αδιαφανής στη θερμική ακτινοβολία και οι περισσότερες απώλειες θερμότητας από την επιφάνεια είναι από τη μεταφορά της αισθητής[2] και της λανθάνουσας[3] θερμότητας. Οι εκπεμπόμενες ενεργειακές απώλειες γίνονται όλο και υψηλότερες κυρίως εξ' αιτίας της φθίνουσας συγκέντρωσης υδρατμών, που είναι σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου. Γι' αυτό το λόγο είναι ρεαλιστικότερο να θεωρήσουμε ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου εφαρμόζεται στη μέση τροπόσφαιρα.

Όμως το εξιδανικευμένο μοντέλου του θερμοκηπίου γίνεται πιο ρεαλιστικό στην περιοχή όπου τα αποτελέσματα της ακτινοβολίας είναι σημαντικά. Συγκεκριμένα, η επιφάνεια της Γης όταν θερμαίνεται σε μια θερμοκρασία περίπου 255 K, εκπέμπει μεγάλα μήκη κύματος, δηλαδή υπέρυθρη ακτινοβολία 4 – 100 μm. Σε αυτά τα μήκη κύματος, τα αέρια του θερμοκηπίου απορροφούν περισσότερο την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Κάθε στρώμα της ατμόσφαιρας με αέρια του θερμοκηπίου απορροφά τμήμα της θερμότητας που ακτινοβολείται προς τα πάνω από τα κατώτερα στρώματα. Για να διατηρήσει την ισορροπία του, επανεκπέμπει την απορροφούμενη θερμότητα προς όλες τις κατευθύνσεις. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα περισσότερη ζέστη στα χαμηλά στρώματα, ενώ ταυτόχρονα εκπέμπεται αρκετή θερμότητα πίσω στο διάστημα από τα ανώτερα στρώματα προκειμένου να διατηρηθεί η ολική θερμική ισορροπία. Η αύξηση αυτών των αερίων αυξάνει την ποσότητα της απορρόφησης και της επανεκπομπής και έτσι ζεσταίνονται περισσότερο τα στρώματα της ατμόσφαιρας και εν τέλει η επιφάνεια της Γης.

---

[2] Αισθητή θερμότητα (q) ονομάζεται το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας 1 Kg νερού από 0°C μέχρι τη θερμοκρασία βρασμού, δηλαδή στους 100°C.

[3] Λανθάνουσα θερμότητα (L) ονομάζεται το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για την μετατροπή 1 Kg νερού θερμοκρασίας βρασμού σε ατμό ίδιας θερμοκρασίας.

1.3 Αέρια του θερμοκηπίου

Τα αέρια του θερμοκηπίου είναι αέρια που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα και απορροφούν και εκπέμπουν υπέρυθρη θερμική ακτινοβολία. Η διαδικασία αυτή είναι η θεμελιώδης αιτία της δημιουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τα αέρια του θερμοκηπίου μας ενδιαφέρουν ιδιαίτερα γιατί επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη θερμοκρασία της Γης.

Κατανεμημένα σε σειρά με βάση την αφθονία τους στην ατμόσφαιρα της Γης, τα αέρια του θερμοκηπίου είναι τα εξής:

- Υδρατμοί
- Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)
- Μεθάνιο (CH_4)
- Νιτρώδες Οξείδιο (N_2O)
- Όζον (O_3)
- Χλωροφθοράνθρακες (CFCs)

Τα σύννεφα που επίσης απορροφούν και εκπέμπουν υπέρυθρες ακτινοβολίες και επιδρούν στις ιδιότητες ακτινοβολίας της ατμόσφαιρας, είναι ο βασικότερος παράγοντας αλλά δεν είναι αέριο.

Η συμβολή όμως ενός αερίου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου επηρεάζεται τόσο από τα χαρακτηριστικά κάθε αερίου όσο και από την αφθονία του. Για παράδειγμα, σε μοριακή βάση, το μόριο του μεθανίου είναι 30 φορές ισχυρότερο αέριο απ’ ότι το διοξείδιο του άνθρακα [Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, 05.03.2010], αλλά βρίσκεται σε πολύ μικρότερες συγκεντρώσεις, με αποτέλεσμα η συνολική του συμβολή να θεωρείται μικρότερη. Έτσι δεν είναι δυνατό να θεωρήσουμε ότι ένα αέριο προκαλεί ένα ακριβές ποσοστό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αυτό συμβαίνει γιατί μερικά από τα αέρια απορροφούν και εκπέμπουν ακτινοβολία στις ίδιες συχνότητες με άλλα, με αποτέλεσμα το φαινόμενο του θερμοκηπίου να μην προκύπτει ως ένα απλό άθροισμα της συμβολής του κάθε αερίου. Μάλιστα το άθροισμα της επίδρασης κάθε αερίου χωριστά είναι μεγαλύτερο από όταν λειτουργούν μαζί [Schmidt et al., 2010].

Οι επιστήμονες που έχουν αναλύσει τη θεωρία του Αρρένιους θεωρούν ότι οι αυξανόμενες συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα προκαλούν μια αύξηση στις παγκόσμιες θερμοκρασίες, με επιζήμιες επιπτώσεις για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Υπάρχουν βέβαια πολλά αέρια που ενώ συμβάλλουν σε πολλές φυσικές και χημικές αντιδράσεις, δεν συγκαταλέγονται στα αέρια του θερμοκηπίου. Για παράδειγμα, τα βασικά συστατικά στοιχεία της

ατμόσφαιρας, δηλαδή το άζωτο (N_2), το οξυγόνο (O_2) και το αργό (Ar) δεν θεωρούνται αέρια του θερμοκηπίου γιατί τα μόρια που έχουν δύο άτομα του ίδιου στοιχείου και τα μονοατομικά μόρια δεν αλλάζουν στο δίπολο τους όταν δονούνται και επομένως είναι τελείως ανεπηρέαστα από το υπέρυθρο φως. Επίσης, παρόλο που μόρια με δύο διαφορετικά άτομα, όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και το υδροχλώριο (HCL), απορροφούν την υπέρυθρη ακτινοβολία, τα μόρια αυτά έχουν μικρή διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα. Κατά συνέπεια δεν συνεισφέρουν σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, γι’ αυτό και δεν αναφέρονται συχνά ως αέρια του θερμοκηπίου.

1.4 Η κλιματική αλλαγή

Με τον όρο κλιματική αλλαγή αναφερόμαστε στη μεταβολή του παγκόσμιου κλίματος και ειδικότερα στις μεταβολές των μετεωρολογικών συνθηκών που εκτείνονται σε μεγάλη χρονική κλίμακα. Τα τελευταία χρόνια όμως έχει παρατηρηθεί μία ιδιαίτερα έντονη μεταβολή αυτών των συνθηκών, που όπως έχει αποδειχθεί είναι αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Ο βασικός μηχανισμός που προκαλεί την κλιματική αλλαγή είναι η αύξηση της συγκέντρωσης των Αερίων του Θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Η αύξηση αυτή αποδίδεται κατά κύριο λόγο στις ανθρωπογενείς εκπομπές, που ενισχύουν το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου και αυξάνουν τη μέση θερμοκρασία του πλανήτη, δημιουργώντας έτσι το ‘ενισχυμένο’ φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Σύμφωνα με την τέταρτη έκθεση αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), που ολοκληρώθηκε το 2007, η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να ξεπεράσει τους 15^{o} C. Πέρα όμως από την αύξηση της θερμοκρασίας η κλιματική αλλαγή θα σημάνει άνοδο της στάθμης της θάλασσας, εντονότερα ακραία καιρικά φαινόμενα, εξάπλωση ασθενειών και εξαφάνιση διάφορων ειδών ζωής.

Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι τα αέρια του θερμοκηπίου παίζουν καθοριστικό ρόλο για το μέλλον του πλανήτη και γι’ αυτό είναι επιτακτική η ανάγκη για μελέτη και περιορισμό τους.

1.5 Φυσικά και ανθρωπογενή αέρια

Εκτός από τους αλογονωμένους υδρογονάνθρακες που παράγονται αποκλειστικά από τον άνθρωπο, τα περισσότερα αέρια του θερμοκηπίου προέρχονται τόσο από φυσικές όσο και ανθρώπινες πηγές. Πριν τη Βιομηχανική Επανάσταση οι συγκεντρώσεις των αερίων ήταν πρακτικά σταθερές. Στη Βιομηχανική Εποχή όμως οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν προσθέσει στην ατμόσφαιρα αέρια του θερμοκηπίου, κυρίως με την καύση ορυκτών καυσίμων και την αποψίλωση των δασών.

Η τέταρτη έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (Fourth Assessment Report, AR4, ή Climate Change 2007) είναι η τελευταία αξιολόγηση της επιτροπής για την κλιματική αλλαγή που ολοκληρώθηκε το 2007 και επισημαίνει αρκετές παρατηρούμενες αλλαγές στις κλιματικές συνθήκες της Γης, μεταξύ των οποίων αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας, στη μέση παγκόσμια θερμοκρασία και στις συνθήκες των ωκεανών. Σύμφωνα με τις κυριότερες διαπιστώσεις της προκύπτει ο Πίνακας:

Αέριο	Προβιομηχανικό Επίπεδο	Παρόν Επίπεδο	Αύξηση από το 1750	Ισχύς Ακτινοβολίας (Watt/m^2)
CO_2	280 ppm	387 ppm	107 ppm	1,46
CH_4	700 ppb	1745 ppb	1045 ppb	0,48
N_2O	270 ppb	314 ppb	44 ppb	0,15
CFC – 12	0	533 ppt	533 ppt	0,17

Πίνακας 1.2 – Συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου πριν και μετά τη Βιομηχανική Επανάσταση και ισχύς της ακτινοβολίας που απορροφάται
[Πηγή: Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος]

Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 1.2, από το 1750 η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει αυξήσει τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου.

Εξετάζοντας περαιτέρω τη δομή καθενός αερίου και τον τρόπο λειτουργίας τους θα έχουμε:

1.5.1 Υδρατμοί

Οι υδρατμοί αποτελούν το κυριότερο αέριο του θερμοκηπίου και είναι η αέρια φάση του νερού ($H_2O_{(g)}$). Αποτελούν τμήμα του υδρολογικού κύκλου ή αλλιώς του κύκλου του νερού. Με τον όρο κύκλος του νερού αναφερόμαστε στη συνεχή ανακύκλωση του νερού της Γης μέσα στην υδρόσφαιρα και την ατμόσφαιρα, που επιτυγχάνεται εξ' αιτίας της ηλιακής ακτινοβολίας.

Οι υδρατμοί ευθύνονται για περίπου τα δύο τρίτα του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα, τα μόρια νερού δεσμεύουν τη θερμότητα που εκπέμπει η Γη και έπειτα την εκπέμπουν προς όλες τις κατευθύνσεις θερμαίνοντας έτσι εκ νέου την επιφάνεια της Γης.

Περίπου το 99,13% των υδρατμών βρίσκεται στην τροπόσφαιρα. Το 84% αυτών προέρχεται από τους Ωκεανούς και τις θάλασσες και το υπόλοιπο 16% από λίμνες, ποταμούς, ανοικτά υδραγωγεία, έλη, υγρά εδάφη, ψυκτικούς υδρατμοδόχους και καπνοδόχους βιομηχανιών, την βλάστηση μέχρι την εκπνοή των ανθρώπων και των ζώων.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες από μόνες τους δεν επηρεάζουν άμεσα τον κύκλο του νερού και επομένως δεν αυξάνουν τους υδρατμούς στην ατμόσφαιρα. Εντούτοις, η σχέση των Clausius – Clapeyron τεκμηριώνει ότι ο θερμότερος αέρας μπορεί να κατακρατήσει πολύ περισσότερη υγρασία ανά μονάδα όγκου. Επομένως, οι αυξημένες θερμοκρασίες εντείνουν περαιτέρω τις κλιματικές αλλαγές.

Σύμφωνα με έρευνα που δημοσιεύθηκε στις αρχές του 2010, η μείωση των συγκεντρώσεων των υδρατμών στην κατώτερη στρατόσφαιρα της Γης, συμβάλλει σημαντικά στην επιβράδυνση της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Συγκεκριμένα, μια μείωση 10% των υδρατμών περίπου 20χλμ. πάνω από την επιφάνεια της Γης, εξηγεί γιατί η αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας έχει μείνει σταθερή από την αρχή του 21ου αιώνα, παρά τη μεγάλη άνοδο του CO_2 στην ατμόσφαιρα. Επίσης, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των ερευνητών, η μείωση της ατμοσφαιρικής υγρασίας μετά το 2000 οδήγησε σε άνοδο της θερμοκρασίας κατά 25% μικρότερη σε σύγκριση με εκείνη που θα γινόταν αν δεν είχε υπάρξει η μείωση των υδρατμών [Περιοδικό «Science», Εθνική Διοίκησης Ωκεανών και Ατμόσφαιρας των ΗΠΑ, με επικεφαλή τη δρ. Σούζαν Σόλομον, σε συνεργασία με ερευνητές του πανεπιστημίου της Βέρνης στην Ελβετία].

1.5.2 Διοξείδιο του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι ο κυριότερος συντελεστής του φαινομένου του θερμοκηπίου. Είναι μια χημική ένωση που αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου ενωμένα με ένα άτομο άνθρακα. Επίσης είναι άχρωμο, άοσμο και άγευστο σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Διαπερνάται μεν από το ορατό φως αλλά απορροφά έντονα τις ακτινοβολίες που βρίσκονται στην υπέρυθρη και εγγύς υπέρυθρη περιοχή του φάσματος.

Στη Γη υπάρχουν πεπερασμένες ποσότητες άνθρακα, οι οποίες όπως και το νερό, ανακυκλώνονται με τον 'κύκλο του άνθρακα'. Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο σύστημα στο οποίο ο άνθρακας κινείται μεταξύ της ατμόσφαιρας, της επίγειας βιόσφαιρας, της υδρόσφαιρας και των ωκεανών. Οι ανταλλαγές πραγματοποιούνται με διάφορους τρόπους, συμπεριλαμβανομένης της αναπνοής, της εφίδρωσης, της καύσης και της αποσύνθεσης. Για παράδειγμα, τα φυτά απορροφούν CO_2 από την ατμόσφαιρα κατά τη φωτοσύνθεση, χρησιμοποιούν τον άνθρακα για να συνθέσουν τους ιστούς τους και τον απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα όταν ξεραίνονται και αποσυντίθενται. Επίσης, τα ορυκτά καύσιμα είναι τα απολιθωμένα υπολείμματα νεκρών ζώων και φυτών, τα οποία συντίθενται υπό συγκεκριμένες συνθήκες σε διάστημα εκατομμυρίων ετών και συνεπώς έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε άνθρακα.

Προέλευση

Το CO_2 αποτελεί υποπροϊόν όλων των καύσεων ορυκτών καυσίμων (κάρβουνου, πετρελαίου, βενζίνης, φυσικού αερίου κλπ.), αλλά και του ξύλου και των πλαστικών οργανικών ενώσεων. Παράγεται ακόμα από την αποσύνθεση οργανικών ουσιών. Μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα εκπέμπονται επίσης από τα ηφαίστεια και από τις θερμές πηγές αλλά και από τη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων. Ενωμένο, με τη μορφή ανθρακικών αλάτων, βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στο στερεό φλοιό της γης. Τα κυριότερα ανθρακικά ορυκτά είναι οι διάφορες ποικιλίες του $CaCO_3$ (ασβεστόλιθοι, ασβεστίτης, μάρμαρο κ.ά.), ο μαγνησίτης $MgCO_3$, ο σιδηρίτης $FeCO_3$, ο δολομίτης $CaCO_3.MgCO_3$ κ.ά. Παράγεται επίσης κατά την αναπνοή όλων των φυτών και των ζώων και από τους μύκητες και μικροοργανισμούς που εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα από τα φυτά για την τροφή τους.

Τα τρία τέταρτα της *ανθρωπογενούς παραγωγής* του CO_2 οφείλεται σε χρήση ορυκτών καυσίμων. Από αυτή την ποσότητα, το 50% διαλύεται στους ωκεανούς και

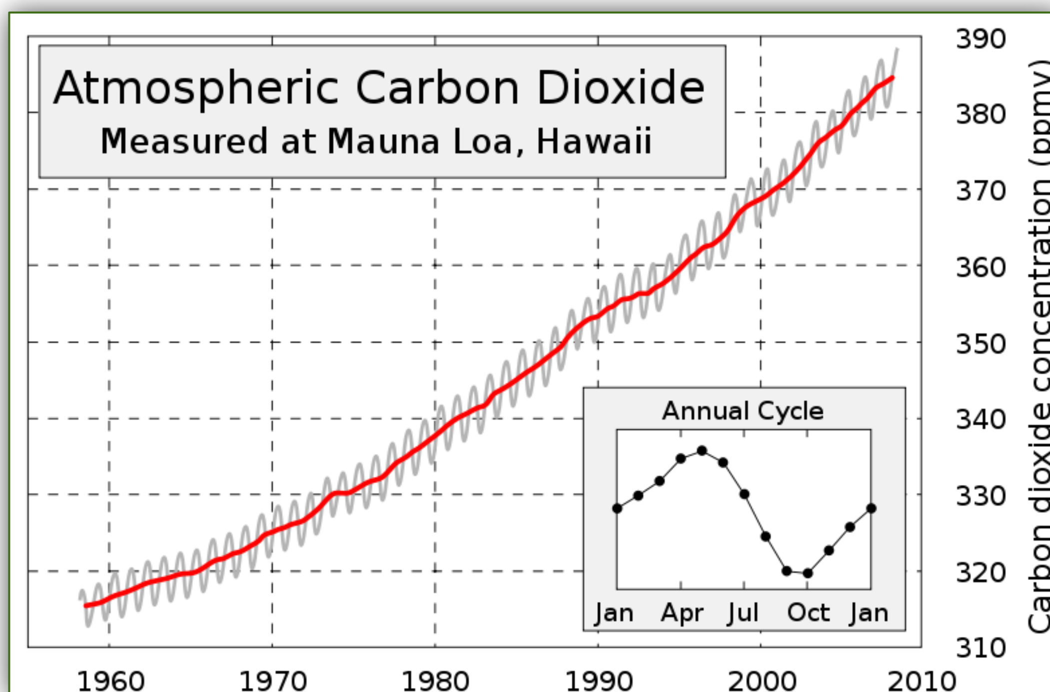
απορροφάται από τα επίγεια οικοσυστήματα και το υπόλοιπο 50% διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων και η αποψίλωση των δασών έχουν προκαλέσει αύξηση της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης του CO_2 κατά περίπου 35% από την αρχή της εποχής της εκβιομηχάνισης. Οι εκπομπές του CO_2 από τις ανθρώπινες δραστηριότητες ανέρχονται σήμερα περίπου σε 27 δισεκατομμύρια τόνους ετησίως και είναι πολύ περισσότερες από τις ποσότητες που εκλύονται από τις άλλες φυσικές δραστηριότητες (π.χ. ηφαίστεια).

Το CO_2 στους ωκεανούς

Η διάλυση του άνθρακα στους ωκεανούς με τη μορφή CO_2, H_2CO3 και ιόντων HCO_3^- και CO_3^{2-} είναι περίπου 50 φορές μεγαλύτερη από ότι στην ατμόσφαιρα. Οι ωκεανοί ενεργούν ως μία τεράστια δεξαμενή άνθρακα, και δέχονται περίπου το ένα τρίτο των εκπομπών CO_2 από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η διαλυτότητα του CO_2 μειώνεται καθώς η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται.

Ένα μέρος του διαλυμένου CO_2 στους ωκεανούς καταναλώνεται για τη φωτοσύνθεση από οργανισμούς στο νερό, και ένα μικρό ποσοστό συντηρεί τον κύκλο του άνθρακα. Η αύξηση του CO_2 στην ατμόσφαιρα έχει οδηγήσει σε αύξηση της οξύτητας του θαλασσινού νερού και υπάρχει ανησυχία ότι αυτό μπορεί να επηρεάσει αρνητικά οργανισμούς με κελύφη που ζουν στο νερό, αφού τα οξέα διαλυτοποιούν το ανθρακικό ασβέστιο από το οποίο είναι φτιαγμένο το κέλυφος.



Εικόνα 1.2 – Συγκέντρωση CO_2 στην ατμόσφαιρα
[Πηγή: Παρατηρητήριο Mauna Loa στη Χαβάη, 2007]

Όπως παρατηρούμε και από την Εικόνα 1.2, η συγκέντρωση του CO_2 στην ατμόσφαιρα κυμαίνεται ανάλογα με την εποχή του έτους και την περιοχή. Η διακύμανση αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στην εποχική ανάπτυξη των φυτών στο Βόρειο Ημισφαίριο. Αναλυτικότερα, έχει παρατηρηθεί ότι οι συγκεντρώσεις του CO_2 στο βορρά μειώνονται κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού καθώς το καταναλώνουν τα φυτά και αυξάνονται το φθινόπωρο και το χειμώνα όταν τα φυτά πεθαίνουν και αποσυνθέτονται. Στις αστικές περιοχές οι συγκεντρώσεις είναι γενικά υψηλότερες.

1.5.3 Μεθάνιο

Το δεύτερο πιο σημαντικό αέριο που είναι υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι το μεθάνιο (CH_4). Είναι το απλούστερο αλκάνιο, δηλαδή άκυκλος κορεσμένος υδρογονάνθρακας. Είναι ένα αέριο άχρωμο και άοσμο, ελάχιστα διαλυτό στο ύδωρ ενώ διαλύεται ευκολότερα σε οργανικούς διαλύτες. Η ύπαρξή του δεν ανιχνεύεται εύκολα, ενώ με τον αέρα σχηματίζει εκρηκτικά μίγματα. Είναι επίσης το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου.

Προέλευση

Επειδή το CH_4 συμβάλλει σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, οι πιθανές πηγές ρύπανσης της ατμόσφαιρας με το αέριο αυτό έχουν εξετασθεί διεξοδικά και διακρίνονται σε *φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές*. Οι εκτιμήσεις ως προς τις ποσότητες CH_4 που παρέχουν οι διάφορες πηγές διαφέρουν ανάλογα με το πότε και πού έγινε η μελέτη και τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Όλες όμως οι μελέτες συμφωνούν στο ότι οι ποσότητες CH_4 που εκλύουν οι ανθρωπογενείς πηγές είναι μεγαλύτερες από εκείνες των φυσικών πηγών.

Μια εκτίμηση της IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change: Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή) το 2001 ανέφερε έκλυση 350 εκατομμυρίων τόνων/έτος CH_4 από ανθρωπογενείς πηγές, έναντι 250 εκατομμυρίων τόνων/έτος από φυσικές πηγές. Οι ποσότητες αυτές υπερβαίνουν τις ποσότητες CH_4 που χάνονται (κυρίως με οξείδωση μέσω των ριζών OH^-, αλλά και με απορρόφηση από τους ωκεανούς και τα εδάφη), οπότε συνολικά υπάρχει μια βραδεία, αλλά σταθερή αύξηση της μέσης περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε CH_4.

Φυσικές πηγές CH_4

Οι εκπομπές CH_4 από φυσικές πηγές καθορίζονται κυρίως από παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και οι ποσότητες των κατακρημνίσεων (κυρίως αναφερόμαστε στις βροχές) και είναι:

- Οι υδρότοποι (έλη, λίμνες) αποτελούν φυσικούς βιοτόπους των μεθανογόνων βακτηρίων, τα οποία παράγουν μεθάνιο κατά την αποσύνθεση οργανικής ύλης κάτω από συνθήκες έλλειψης οξυγόνου.
- Οι τερμίτες (λευκά μυρμήγκια) δημιουργούν μεθάνιο ως φυσικό προϊόν της διαδικασίας πέψης.
- Οι ωκεανοί θεωρούνται φυσική πηγή εκπομπής CH_4 κυρίως λόγω των αναερόβιων πεπτικών διαδικασιών των θαλάσσιων οργανισμών.
- Οι υπεδάφιοι υδρίτες μεθανίου που σταδιακά διασπώνται.

Ανθρωπογενείς πηγές CH_4

Μεγάλες ποσότητες CH_4 παράγονται από τις αγροτικές (κτηνοτροφία, καλλιέργειες) και τις βιομηχανικές δραστηριότητες του ανθρώπου. Οι κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές είναι:

- Οι επιχώσεις απορριμμάτων (χωματερές) είναι οι σημαντικότερες ανθρωπογενείς πηγές μεθανίου. Στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) προβλέπεται ανάκτηση και αξιοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου (biogas), το οποίο μπορεί να περιέχει 50 έως 75% μεθάνιο, π.χ. για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανση χώρων ή για άλλους επωφελείς σκοπούς. Σε κάθε περίπτωση είναι περιβαλλοντικά προτιμότερη η καύση του εκλυόμενου μεθανίου προς διοξείδιο του άνθρακα, παρά η απελευθέρωσή του στην ατμόσφαιρα, αφού το μεθάνιο είναι πολύ δραστικότερο από το διοξείδιο του άνθρακα ως προς τη δυναμικότητα θέρμανσης του πλανήτη.
- Το Φυσικό Αέριο, του οποίου το CH_4 αποτελεί το κύριο συστατικό. Απώλειες φυσικού αερίου αναπόφευκτα συμβαίνουν κατά την παραγωγή, επεξεργασία, αποθήκευση, μεταφορά και διανομή του.
- Η εντερική ζύμωση των τροφών από τα ζώα είναι άλλη μία βασική και μάλλον απρόσμενη πηγή. Κάθε αγελάδα κατά την πέψη της τροφής της εκπέμπει 200 έως 400 g μεθανίου ημερησίως. Έχει εκτιμηθεί ότι, σε παγκόσμια κλίμακα, τα εντερικά αέρια οικιακών ζώων συνεισφέρουν ετησίως περί τα 80 έως 100 εκατομ. τόνους μεθανίου.
- Τα ανθρακωρυχεία, όπου κατά τις κανονικές εργασίες εξόρυξης άνθρακα από υπόγεια ή επιφανειακά ανθρακοφόρα κοιτάσματα, εκλύεται παγιδευμένο αρχέγονο μεθάνιο.
- Η διαχείριση ζωικών λιπασμάτων (κοπριά), όπου κατά την αναερόβια αποσύνθεση του οργανικού υλικού της κοπριάς σε μέρη επεξεργασίας υγρής κοπριάς σε δεξαμενές ή τεχνητές λίμνες εκλύονται σημαντικά ποσά μεθανίου. Αντίθετα, η κοπριά που προστίθεται ως βελτιωτικό εδάφους στις καλλιέργειες δεν εκλύει σημαντικά ποσά μεθανίου.
- Η επεξεργασία λημμάτων. Συγκεκριμένα, οι μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων απομακρύνουν τη διαλυτή οργανική ύλη, αιωρούμενα συστατικά, παθογόνους οργανισμούς και χημικούς ρυπαντές από τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. Σε περιπτώσεις ανεπαρκούς οξυγόνωσης κατά τη διαδικασία εκλύεται μεθάνιο.

- Η παραγωγή και η επεξεργασία του πετρελαίου είναι άλλη μια πηγή CH_4. Οι εργασίες αναζήτησης και άντλησης πετρελαίου συχνότατα συνοδεύονται από έκλυση φυσικού αερίου. Μεθάνιο εκλύεται και κατά τις διεργασίες διύλισης του ακάθαρτου πετρελαίου, όπως και κατά τη μεταφορά και αποθήκευσή του.
- Άλλες ανθρωπογενείς πηγές, όπως οι καλλιέργειες ρυζιού (ορυζώνες) που αποτελούν μια ιδιαίτερα σημαντική πηγή μεθανίου καθώς οι οργανικές ύλες του εδάφους αποσυντίθενται χωρίς αρκετό οξυγόνο. Άλλες πηγές είναι οι μονάδες παραγωγής πετροχημικών και τα χαλυβουργεία.

1.5.4 Νιτρώδες οξείδιο

Το νιτρώδες οξείδιο είναι μια χημική ένωση με τύπο N_2O. Σε θερμοκρασία δωματίου είναι ένα άχρωμο αέριο με μια ελαφρά γλυκιά γεύση, σχετικά αδρανές που δεν χρησιμοποιείται κατά την καύση. Στις βιομηχανικές χώρες το N_2O αποτελεί το 6% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Τα μόρια του απορροφούν θερμότητα που προσπαθεί να διαφύγει στο διάστημα.

Προέλευση

Ένα ποσοστό 70% του N_2O [Επιτροπή Προστασίας Περιβάλλοντος Η.Π.Α., 2006] απελευθερώνεται με φυσικό τρόπο από τους ωκεανούς και τα παρθένα δάση, καθώς και από τα βακτήρια του εδάφους. Η επίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας υπολογίζεται στο υπόλοιπο 30%. Από αυτό, μόλις το 20% οφείλεται σε βιομηχανικές δραστηριότητες όπως είναι η παραγωγή του νάιλον και η καύση ορυκτών καυσίμων στις μηχανές εσωτερικής καύσης. Το υπόλοιπο 80% παράγεται από τα αζωτούχα λιπάσματα, από τις φιάλες αεροζόλ και τα σπρέι όπου χρησιμοποιείται ως προωθητικό, καθώς και από τη βιομηχανική χημική παραγωγή με χρήση αζώτου, όπως είναι η επεξεργασία λυμάτων.

1.5.5 Φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου

Τα φθοριούχα αέρια είναι τα μόνα από τα αέρια του θερμοκηπίου που δεν έχουν συντεθεί με φυσικό τρόπο αλλά έχουν δημιουργηθεί από τον άνθρωπο για βιομηχανικούς σκοπούς. Η συνολική συμβολή τους είναι περίπου 1,5% αλλά μπορούν να δεσμεύσουν θερμότητα 22.000 φορές πιο αποτελεσματικά από το CO_2 και παραμένουν στην ατμόσφαιρα για χιλιάδες χρόνια. Τα στοιχεία αυτά τα καθιστούν ισχυρά αέρια του θερμοκηπίου που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν. Στα φθοριούχα αέρια του θερμοκηπίου περιλαμβάνονται το εξαφθοριούχο θείο (SF_6), οι υδροφθοράνθρακες (HFC) και οι υπερφθοράνθρακες (PFCs).

Εξαφθοριούχο θείο

Το εξαφθοριούχο θείο (SF_6) είναι ένα άχρωμο, άοσμο, άγευστο και άφλεκτο αέριο. Χρησιμοποιείται κυρίως εκεί που υπάρχουν υψηλές ηλεκτρικές τάσεις. Το συναντάμε στους υποσταθμούς υποβιβασμού τάσης και διανομής ηλεκτρικού ρεύματος, στους διακόπτες υψηλής τάσης σαν διηλεκτρικό, στα καλώδια υψηλής τάσης σαν μονωτικό, στη μεταλλουργία μαγνησίου και αλουμινίου και στη βιομηχανία ημιαγωγών. Ως αέριο θερμοκηπίου προκύπτει από διαρροές στις παραπάνω εγκαταστάσεις.

Υδροφθοράνθρακες

Οι υδροφθοράνθρακες (HFCs), είναι χημικές ενώσεις που τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιήθηκαν ευρέως προκειμένου να αντικαταστήσουν τους χλωροφθοράνθρακες (CFCs) που ήταν υπεύθυνοι για τη δημιουργία της τρύπας του όζοντος. Εντούτοις, θεωρούνται πλέον πολύ ισχυρά αέρια του θερμοκηπίου και χαρακτηρίζονται από μεγάλη διάρκεια ζωής.

Οι τρεις βασικοί τύποι HFCs είναι οι HFC-23, HFC-134a και HFC152a. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα ψύξης και κατάψυξης, συμπεριλαμβανομένων και των συστημάτων κλιματισμού. Επίσης χρησιμοποιούνται ως διογκωτικοί παράγοντες για αφρούς, ως μέσα πυρόσβεσης, προωθητικά αερολυμάτων και διαλύτες. Από αυτούς τους τύπους, ο HFC-134a είναι ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος ως ψυκτικό και έχει διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα περίπου 14 χρόνια.

Υπερφθοράνθρακες

Οι υπερφθοράνθρακες (PFCs), είναι χημικές ενώσεις που αποτελούνται μόνο από άτομα άνθρακα και φθορίου. Είναι εξαιρετικά ισχυρά αέρια θερμοκηπίου και αποτελούν μακροπρόθεσμο πρόβλημα μιας και έχουν χρόνο ζωής μέχρι 50.000 χρόνια. Σε μια μελέτη του 2003 βρέθηκε ότι ο υπερφθοράνθρακας που βρίσκεται σε μεγαλύτερη ποσότητα στην ατμόσφαιρα είναι το τετραφθορίδιο του άνθρακα (CF_4).

Οι PFCs χρησιμοποιούνται συνήθως στον τομέα των ηλεκτρονικών (π.χ. για καθαρισμό δίσκων πυριτίου με πλάσμα) καθώς και στον τομέα των καλλυντικών και φαρμακευτικών προϊόντων. Σε μικρό βαθμό χρησιμοποιούνται και σε εξοπλισμούς ψύξης ως υποκατάστατα των CFCs ενώ κυρίως εκπέμπονται κατά την παραγωγή αλουμινίου.

1.6 Μέτρηση αερίων ρύπων

Σε μια αστική ατμόσφαιρα συνυπάρχουν χιλιάδες χημικά είδη τα οποία συχνά καλούμαστε να προσδιορίσουμε. Οι τεχνικές ανάλυσης και μέτρησης των αέριων ρύπων έχουν ως στόχο την ταυτοποίηση των ρύπων καθώς και τον ποσοτικό τους προσδιορισμό. Οι βασικότερες είναι:

- ✓ Χρωματογραφία
- ✓ Φωτομετρία (χρησιμοποιείται κυρίως για τη μέτρηση του CO_2)
- ✓ Υπέρυθρη και υπεριώδης φασματοσκοπία
- ✓ Φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης
- ✓ Φασματοσκοπία με ακτίνες X (π.χ. XRD, XRF, XPS, AES) κυρίως για την ανάλυση σωματιδιακών ρύπων
- ✓ Φασματομετρία μάζας
- ✓ Ηλεκτροχημικές τεχνικές (π.χ. ποτενσιόμετρα, κουλομετρία, πολαρογραφία)
- ✓ Μέθοδος LIDAR που βασίζεται στις ακτίνες λέιζερ
- ✓ Χημική τιτλοδότηση

Η ανάλυση των διαδικασιών αυτών και των τρόπων λειτουργίας τους ξεφεύγει από τα όρια της παρούσας εργασίας γι' αυτό και δεν θα αναλυθούν περαιτέρω.

Όπως έχουμε δει, οι συγκεντρώσεις των αερίων στην ατμόσφαιρα μπορούν να εκφραστούν σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm), μέρη ανά δισεκατομμύριο (ppb) ή μέρη ανά τρισεκατομμύριο (ppt). Το ppm αντιστοιχεί σε 1 κυβικό εκατοστό αερίου ανά κυβικό μέτρο αέρα (cm^3/m^2), το ppb σε $1mm^3/m^2$ κ.ο.κ. Με άλλα λόγια, 1 ppm σημαίνει ότι υπάρχει 1 μόριο του εν λόγω αερίου ανά 1.000.000 μόρια όλων των αερίων που περιέχονται στον αέρα και αντίστοιχα ισχύει και για τις υπόλοιπες μονάδες.

1.7 Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη

Το Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη (Global Warming Potential, GWP) είναι ένας δείκτης που δείχνει πόση θερμότητα ‘παγιδεύεται’ στην ατμόσφαιρα από ένα αέριο του θερμοκηπίου. Περιγράφει τα χαρακτηριστικά ακτινοβολίας αναμειγμένων αερίων του θερμοκηπίου και αντιπροσωπεύει το συνδυασμένο αποτέλεσμα των διαφορετικών χρόνων που τα αέρια αυτά παραμένουν στην ατμόσφαιρα και τη σχετική τους αποτελεσματικότητα να απορροφούν εξερχόμενη υπέρυθρη ακτινοβολία. Συγκρίνει την ποσότητα που παγιδεύεται από μία συγκεκριμένη μάζα ενός αερίου του θερμοκηπίου σε σύγκριση με την αντίστοιχη μάζα του CO_2.

Το GWP υπολογίζεται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, συνήθως 20, 100 ή 500 ετών. Εκφράζεται σαν ένας συντελεστής του CO_2, του οποίου το GWP ισούται με 1. Για παράδειγμα, το GWP για το μεθάνιο σε 100 χρόνια είναι 21, που σημαίνει ότι εάν εισαχθούν στην ατμόσφαιρα ίδια βάρη CH_4 και CO_2, το CH_4 θα παγιδεύσει 21 φορές περισσότερη θερμότητα από το CO_2 στα επόμενα 100 χρόνια. Κατά συνέπεια, ένα υψηλό GWP συσχετίζεται με υψηλή απορροφητικότητα της υπέρυθρης ακτινοβολίας και μεγάλο χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα.

Στον Πίνακα 1.3 αναφέρονται τα GWP των βασικών αερίων του θερμοκηπίου για διάφορους χρονικούς ορίζοντες καθώς και τον χρόνο ζωής τους:

Αέριο	Χημικός Τύπος	Χρόνος Ζωής	Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη (GWP) – Χρονικός Ορίζοντας		
			20 χρόνια	100 χρόνια	500 χρόνια
Διοξείδιο του Άνθρακα	CO_2	Εξαρτάται από τον κύκλο άνθρακα	1	1	1
Μεθάνιο	CH_4	12±3	56	21	6,5
Νιτρώδες Οξείδιο	N_2O	120	280	310	170
HFC–23	CHF_3	264	9.100	11.700	9.800
HFC–134a	CH_2FCF_3	14,6	2.100	650	200
HFC–152a	$C_2H_4F_2$	1,5	460	140	42
Εξαφθοριούχο θείο	SF_6	3.200	16.300	23.900	34.900
Τετραφθοριδιο του άνθρακα	CF_4	50.000	4.400	6.500	10.000

Πίνακας 1.3 – Ονομασία, χημικός τύπος, διάρκεια ζωής και GWP για διάστημα 20, 50 και 500 χρόνων για τα σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου

Κεφάλαιο 2

Εμπορία Δικαιωμάτων Ρύπων

2.1 Εισαγωγή

Όταν διαπιστώθηκε παγκοσμίως ότι η βασική αιτία της κλιματικής αλλαγής είναι η ραγδαία αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου εξ' αιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας, λήφθηκαν οι αντίστοιχες αποφάσεις. Στις 9 Μαΐου 1992, στη Νέα Υόρκη εγκρίθηκε η Σύμβαση – Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές αλλαγές (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC). Η Σύμβαση – Πλαίσιο επικυρώθηκε από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα με την απόφαση 94/69/ΕΚ στις 15 Δεκεμβρίου 1993. Η εν λόγω σύμβαση τέθηκε σε ισχύ την 21η Μαρτίου 1994.

Η Σύμβαση – Πλαίσιο αποτελεί το πρώτο συντονισμένο βήμα για την επίλυση του προβλήματος. Συνέβαλε σημαντικά στη θέσπιση βασικών αρχών για τη καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος σε παγκόσμιο επίπεδο και στην περαιτέρω ευαισθητοποίηση του κοινού για τα προβλήματα που συνδέονται με την αλλαγή του κλίματος. Επίσης, έδωσε τον ορισμό της αρχής των 'κοινών αλλά διαφοροποιημένων αρμοδιοτήτων' χωρίς όμως να περιλαμβάνει ποσοτικά εκφρασμένες και λεπτομερείς ανά χώρα δεσμεύσεις μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

Τα συμβαλλόμενα κράτη στη Σύμβαση – Πλαίσιο αποφάσισαν στην πρώτη συνεδρίαση των μερών, που πραγματοποιήθηκε στο Βερολίνο τον Μάρτιο του 1995, να διαπραγματευθούν ένα Πρωτόκολλο που να περιλαμβάνει μέτρα μείωσης των εκπομπών για τη μετά το 2000 περίοδο, σε ό,τι αφορά τις εκβιομηχανισμένες χώρες. Έτσι, στις 11 Δεκεμβρίου 1997 θεσπίστηκε το Πρωτόκολλο του Κιότο, στο Κιότο της Ιαπωνίας. Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα υπέγραψε το Πρωτόκολλο στις 29 Απριλίου 1998. Τον Δεκέμβριο του 2001, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του Laeken επιβεβαίωσε τη βούληση της Ένωσης για τη θέση σε ισχύ του Πρωτοκόλλου του Κιότο πριν από την Παγκόσμια Διάσκεψη Κορυφής για την αειφόρο ανάπτυξη, του Γιοχάνεσμπουργκ (2002).

Το Πρωτόκολλο του Κιότο μία από τις σημαντικότερες διεθνείς νομοθετικές πράξεις καταπολέμησης των κλιματικών αλλαγών. Περιλαμβάνει τα απαραίτητα βήματα για τη μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος που προκαλείται λόγω της αύξησης των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το κύριο χαρακτηριστικό της είναι ότι θέτει δεσμευτικούς στόχους σε 37 βιομηχανικές χώρες και στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα προκειμένου να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου.

Αποτελείται από 28 άρθρα και 2 παραρτήματα. Στο Παράρτημα Α του Πρωτοκόλλου αναφέρονται τα αέρια τα οποία θεωρούνται ότι συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και είναι τα εξής:

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)
- Μεθάνιο (CH_4)
- Νιτρώδες Οξείδιο (N_2O)
- Υδροφθοράνθρακες (HFCs)
- Υπερφθοράνθρακες (PFCs)
- Εξαφθοριούχο θείο (SF_6)

Επίσης στο Παράρτημα Α του Πρωτοκόλλου του Κιότο αναφέρονται οι τομείς που είναι υπεύθυνοι για την παραγωγή των αερίων του θερμοκηπίου. Οι βασικότεροι τομείς από αυτούς είναι: οι ενεργειακές βιομηχανίες, οι μεταφορές, οι βιομηχανικές διεργασίες, οι χημικές βιομηχανίες, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, η γεωργία, η διαχείριση αποβλήτων (υγρών και στερεών) κ.ά.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο αναγνωρίζει ότι κυρίως οι ανεπτυγμένες χώρες είναι υπεύθυνες για τα τωρινά υψηλά επίπεδα των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, αποτέλεσμα της πάνω από 150 χρόνια βιομηχανικής δραστηριότητας τους. Έτσι, το Παράρτημα Β αναφέρει τα συμβαλλόμενα κράτη και περιέχει τις αριθμητικές δεσμεύσεις τις οποίες αναλαμβάνουν. Σύμφωνα με αυτό, τα συμβαλλόμενα κράτη δεσμεύονται να ελαττώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου την πρώτη περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων (2008-2012) κατά ένα συγκεκριμένο στόχο σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 (ή του 1995 για ορισμένα αέρια). Συγκεκριμένα, προβλέπονται τα εξής:

ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2008 – 2012 (ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΚΙΟΤΟ)	
Ευρωπαϊκή Ένωση (των 15), Βουλγαρία, Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Τσεχία	-8%
Η.Π.Α.	-7%
Καναδάς, Ιαπωνία, Ουγγαρία, Πολωνία	-6%
Κροατία	-5%
Νέα Ζηλανδία, Ουκρανία, Ρωσία	0%
Νορβηγία	+1%
Αυστραλία	+8%
Ισλανδία	+10%

Πίνακας 2.1 – Μείωση εκπομπών για τα συμβαλλόμενα κράτη του Πρωτοκόλλου του Κιότο για τα έτη 2008 – 2012 [Πηγή: http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.html]

Αν και η συνολική προβλεπόμενη μείωση των εκπομπών για την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι -8%, οι επιμέρους υποχρεώσεις του κάθε συμβαλλόμενου κράτους είναι διαφορετικές. Στην Ελλάδα έχει επιτραπεί να αυξήσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά +25%.

Η Ελλάδα, μαζί με την υπόλοιπη Ευρωπαϊκή Ένωση επικύρωσαν το Πρωτόκολλο το Μάιο του 2002 και τέθηκε σε εφαρμογή το 2005. Επιχειρεί την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος με τον πιο οικονομικά αποδοτικό τρόπο, ώστε να μην επιβαρυνθεί η παγκόσμια οικονομία. Περιλαμβάνει τρεις ευέλικτους μηχανισμούς, των οποίων η χρήση πρέπει να είναι ένα συμπληρωματικό μέτρο των εθνικών ενεργειών. Οι μηχανισμοί αυτοί βασίζονται στο σκεπτικό ότι οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου αποτελούν παγκόσμιο πρόβλημα και ότι ο τόπος όπου επιτυγχάνεται ο περιορισμός τους έχει δευτερεύουσα σημασία. Οι μηχανισμοί αυτοί είναι:

1. Μηχανισμός Κοινής Εφαρμογής (Joint Implementation – JI)
2. Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanism – CDM)
3. Μηχανισμός Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (γνωστό και ως εμπόριο ρύπων, Emission Trading – ET)

Μηχανισμός Κοινής Εφαρμογής (JI)

Αναλυτικότερα, ο μηχανισμός που αναφέρεται ως *Μηχανισμός Κοινής Εφαρμογής* (JI) δίνει τη δυνατότητα υλοποίησης κοινών προγραμμάτων και δραστηριοτήτων μεταξύ των συμβαλλόμενων κρατών. Η χώρα που χρηματοδοτεί τις δραστηριότητες αυτές επωφελείται από τη μείωση των εκπομπών που θα προκύψει από την υλοποίηση του προγράμματος στην άλλη συμβαλλόμενη χώρα. Βασική προϋπόθεση οι δραστηριότητες αυτές να επιφέρουν επιπλέον μείωση εκπομπών στην χώρα εφαρμογής [Πρωτόκολλο του Κιότο, Άρθρο 6].

Τα δικαιώματα εκπομπών σε αυτό τον Μηχανισμό ονομάζονται Μονάδες Μείωσης Εκπομπών (Emission Reduction Unit – ERU).

Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (CDM)

Ο μηχανισμός που αναφέρεται ως *Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης* (CDM) προβλέπει ότι οι χώρες του Παραρτήματος Α μπορούν να υλοποιήσουν δραστηριότητες που μειώνουν τις εκπομπές στις χώρες που δεν υπάγονται στο Παράρτημα Α, με αντάλλαγμα Επικυρωμένες Μονάδες Μείωσης Εκπομπών (Certified Emission Reduction – CERs) [Πρωτόκολλο του Κιότο, Άρθρο 12]. Τα CERs είναι είτε μακροπρόθεσμα (lCER) είτε βραχυπρόθεσμα (tCER) ανάλογα με την μορφή χρήσης, χρηματοδότησης και προοπτικής της εγκατάστασης που τα παράγει.

Για παράδειγμα, μέσω του CDM μπορεί μία ανεπτυγμένη χώρα να χρηματοδοτήσει κατασκευές ηλιακών συσσωρευτών σε ένα κράτος στην Αφρική. Έτσι θα μειωθούν οι ρύποι στη χώρα της Αφρικής και επομένως η ανεπτυγμένη χώρα δεν θα χρειαστεί να μειώσει τις εκπομπές ρύπων στο εσωτερικό της. Με προϋπόθεση την εθελοντική συμμετοχή, οι ανεπτυγμένες χώρες επωφελούνται από τις μειώσεις των εκπομπών που προκύπτουν εκπληρώνοντας μέρος των υποχρεώσεών τους, ενώ οι αναπτυσσόμενες από την υλοποίηση των προγραμμάτων.

Για να ενταχθεί ένα έργο υπό την αιγίδα του CDM, θα πρέπει πρώτα να πιστοποιηθεί από το ίδρυμα *The Gold Standard Foundation*. Το ίδρυμα αυτό αποτελεί φορέα της πιστοποίησης, η οποία θα αποτελέσει διασφάλιση της αντικειμενικότητας και της ορθής λειτουργίας των έργων που καταχωρούνται στο CDM. Ο φορέας αυτό είναι ανεξάρτητος και δεν έχει οικονομική – διοικητική σχέση με το CDM.

Η διαφορά των δύο μηχανισμών έγκειται στο ότι το JI απευθύνεται στην προώθηση διαδικασιών μεταξύ των συμβαλλόμενων κρατών του Πρωτοκόλλου, ενώ το CDM μεταξύ μιας χώρας μέλους του Πρωτοκόλλου και μίας αναπτυσσόμενης χώρας.

Μηχανισμός Εμπορίας Ρύπων

Ο *Μηχανισμός Εμπορίας Ρύπων* προβλέπει ότι τα συμβαλλόμενα κράτη του Πρωτοκόλλου μπορούν να συμμετέχουν σε σύστημα εμπορίας (trading) εκπομπών προκειμένου να εκπληρώσουν τον στόχο τους, αλλά μόνο συμπληρωματικά των εθνικών δράσεων τους. Ο μηχανισμός αυτός θα αναλυθεί εκτενέστερα παρακάτω.

2.2 Η Ευρωπαϊκή Ένωση και το Πρωτόκολλο του Κιότο

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, ο πλέον ένθερμος υποστηρικτής του Πρωτοκόλλου του Κιότο, θέσπισε έναν νέο μηχανισμό παρακολούθησης και κοινοποίησης των εκπομπών αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο θερμοκηπίου, ούτως ώστε να καταστεί δυνατή η ακριβέστερη και τακτική αξιολόγηση της προόδου όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών, με σκοπό την τήρηση των υποχρεώσεων που ανελήφθησαν από την Κοινότητα.

Σύμφωνα με αυτόν τον μηχανισμό τα συμβαλλόμενα κράτη και η Κοινότητα καταρτίζουν, δημοσιεύουν και θέτουν σε εφαρμογή εθνικά προγράμματα και ένα κοινοτικό πρόγραμμα, προκειμένου να:

- περιοριστούν ή μειωθούν οι ανθρωπογενείς εκπομπές από τις πηγές τους
- σταθεροποιηθούν τα επίπεδα εκπομπών CO_2, μέχρι το έτος 2000, στα επίπεδα του 1990 (αυτός ο στόχος της CCNUCC πραγματοποιήθηκε από την Κοινότητα και τα κράτη μέλη της)
- παρακολουθείται με διαφάνεια και ακρίβεια η συντελούμενη και προσδοκώμενη πρόοδος από τα κράτη μέλη σε ό,τι αφορά τον περιορισμό των εν λόγω εκπομπών, συμπεριλαμβανομένης της συμβολής των κοινοτικών μέτρων.

Τα εθνικά προγράμματα πρέπει να διαβιβάζονται στην Επιτροπή το αργότερο την 15η Ιανουαρίου κάθε έτους και να περιέχουν πληροφορίες σχετικά με [Διαδικτυακή Πύλη Ευρωπαϊκής Ένωσης http://europa.eu/index_el.htm]:

- τον αντίκτυπο των εθνικών πολιτικών και μέτρων στις εκπομπές και απορροφήσεις ανά αέριο και ανά τομέα
- τις εθνικές προβλέψεις εκπομπών και απορροφήσεων CO_2 και άλλων αερίων θερμοκηπίου για τα έτη 2005, 2010, 2015 και 2020
- τα θεσπισθέντα ή προβλεπόμενα μέτρα εφαρμογής των σχετικών κοινοτικών πολιτικών, καθώς και για την τήρηση των υποχρεώσεων που ανελήφθησαν βάσει του πρωτοκόλλου του Κιότο
- τις προσωρινές εκπομπές των ακόλουθων αερίων: μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διοξείδιο του θείου (SO_2), οξείδια του αζώτου (NO_x) και πτητικές οργανικές ενώσεις, κατά τη διάρκεια του έτους που προηγείται των δύο τελευταίων ετών
- τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), μεθανίου (CH_4), υποξειδίου του αζώτου (N_2O), φθοριωμένων υδρογονανθράκων (HFC), πλήρως

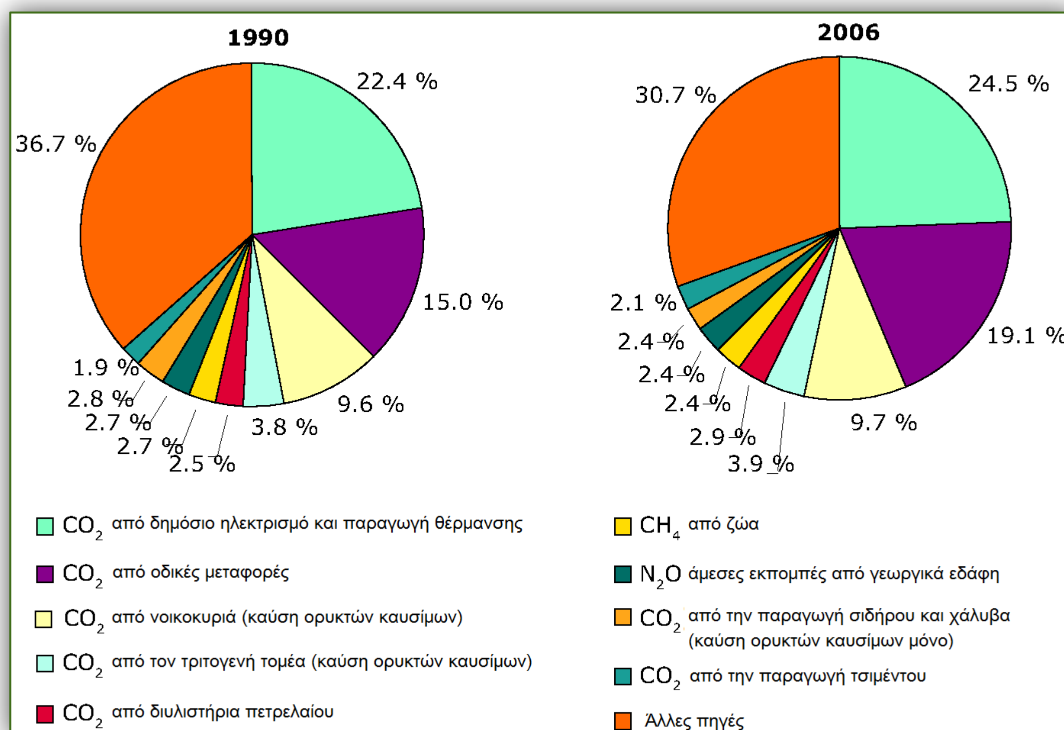
φθοριωμένων υδρογονανθράκων (PFC) και εξαφθοριούχου θείου (SF6) κατά το έτος που προηγήθηκε του τελευταίου έτους

- τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που συνδέονται με τις χρήσεις γης ή με τη δασοπονία, κατά το έτος που προηγήθηκε του τελευταίου έτους
- τα πλήρη αριθμητικά στοιχεία των εκπομπών και απορροφήσεων που συνδέονται με τις χρήσεις γης και με τη δασοπονία για την περίοδο μεταξύ του 1990 και του έτους που προηγήθηκε του τελευταίου έτους
- τα δεδομένα που περιλαμβάνονται στα εθνικά μητρώα που συγκροτήθηκαν δυνάμει της οδηγίας 2003/87/ΕΚ
- τους δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν κατά το έτος που προηγήθηκε του τελευταίου έτους.

Το 2007 η Επιτροπή παρουσίασε μία Έκθεση που διαπιστώνει ότι τι οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τήρησαν τους στόχους που είχαν τεθεί με το Πρωτόκολλο του Κιότο. Οι οικείες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου μειώθηκαν κατά 12,5% σε σύγκριση με το 1990 (έτος αναφοράς), ενώ συνεχίστηκε η οικονομική τους μεγέθυνση. Συγκεκριμένα, αναφέρονται μειώσεις των εκπομπών κατά [Διαδικτυακή Πύλη Ευρωπαϊκής Ένωσης http://europa.eu/index_el.htm]:

- 7% στον τομέα της ενέργειας
- 11% όσον αφορά τις βιομηχανικές διεργασίες
- 11% στο γεωργικό τομέα, λόγω της μείωσης του αριθμού των εκτρεφόμενων μεγάλων ζώων και της μειωμένης χρήσης τεχνητών και φυσικών λιπασμάτων)·
- 39% στον τομέα των αποβλήτων (εκπομπές μεθανίου στους υπό διαχείριση ΧΥΤΑ).

Ωστόσο, η Επιτροπή παρατηρεί αύξηση των εκπομπών στον τομέα των μεταφορών κατά 24%, ποσοστό ιδιαίτερα σημαντικό.



Εικόνα 2.1 – Ποσοστά εκπομπής αερίων θερμοκηπίου στην ΕΕ
[Πηγή: Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, Έκθεση Απογραφής 2009 - http://www.eea.europa.eu/publications/european-community-greenhouse-gas-inventory-2009]

2.3 Μηχανισμός εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (εμπόριο ρύπων)

Με το Πρωτόκολλο του Κιότο αποφασίστηκε να εφαρμοστεί πιλοτικά ο Μηχανισμός Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) και να ενσωματωθεί το Πρωτόκολλο του Κιότο στην κοινοτική νομοθεσία μέσα από τις Οδηγίες 2003/87/ΕΚ και 2004/101/ΕΚ. Σύμφωνα με αυτές, η πρώτη περίοδος του ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών είναι η τριετία 2005-2007, ενώ οι επόμενες περίοδοι εμπορίες ταυτίζονται με τις πενταετείς περιόδους που προβλέπονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο (2008-2012, 2013-2017, κοκ.).

Ο μηχανισμός Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών έγκειται στην αγορά και στην πώληση δικαιωμάτων ρύπων που απορρέουν από ένα σύνολο πιστοποιημένων και μετρήσιμων παραγώγων των αερίων του θερμοκηπίου. Αναφέρεται επομένως στην αγορά δικαιωμάτων εκπομπών από άλλες χώρες της Ε.Ε., οι οποίες συμβαίνει να έχουν περίσσεια δικαιωμάτων εκπομπών.

Για κάθε μια από τις εν λόγω περιόδους εφαρμογής προβλέπεται η εκπόνηση Εθνικού Σχεδίου Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΕΣΚΔΕ) από κάθε Χώρα μέλος της Ε.Ε., για το οποίο απαιτείται έγκριση από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και με το οποίο:

(α) καθορίζονται οι ανώτατες επιτρεπόμενες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της κάθε χώρας,

(β) κατανέμονται οι ανώτατες επιτρεπόμενες εκπομπές της χώρας σε δραστηριότητες που εμπίπτουν στο Σύστημα Εμπορίας (π.χ. ηλεκτροπαραγωγή, διυλιστήρια κ.α.)

(γ) κατανέμονται οι ανώτατες επιτρεπόμενες εκπομπές των δραστηριοτήτων του Συστήματος Εμπορίας υπό μορφή δικαιωμάτων εκπομπών στους διάφορους τομείς δραστηριοτήτων.

Οι μονάδες που εκχωρούνται στην διάθεση κάθε χώρας (έχουν γίνει διαθέσιμες σε πρώτη φάση από την Ε.Ε.) για τον διαμοιρασμό τους στις ενδιαφερόμενες επιχειρήσεις σύμφωνα με το ΕΣΚΔΕ ονομάζονται EAU (European Union Allowances).

Το κοινοτικό σύστημα εμπορίας ξεκίνησε την 1η Ιανουαρίου 2005 και αρχικά καλύπτει εκπομπές μόνο CO_2 από μεγάλες σταθερές πηγές, δηλαδή από εγκαταστάσεις που ανήκουν στις κατηγορίες δραστηριοτήτων που προσδιορίζονται στο Παράρτημα Α του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Σε αυτές τις εγκαταστάσεις

περιλαμβάνονται δραστηριότητες στον τομέα της ενέργειας, της παραγωγής και μεταποίησης των σιδηρούχων μεταλλευμάτων, της εξορυκτικής βιομηχανίας και της παραγωγής χαρτοπολτού, χαρτιού και χαρτονιού.

Η χώρα μας υπέβαλε για έγκριση στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή το ΕΣΚΔΕ την 1η Σεπτεμβρίου 2006 και προέβλεπε κατανομή συνολικών δικαιωμάτων στη πενταετία 2008 με 2012 ίση με 377,5 Mt CO_2, με μέση ετήσια κατανομή 75,5 Mt. Το ΕΣΚΔΕ εγκρίθηκε το 2008 με την ΚΥΑ 52115/2970/Ε103/2008 (ΦΕΚ 2575Β'). Η ΕΕ όμως μείωσε την αρχική κατανομή δικαιωμάτων εκπομπών του υποβληθέντος ΕΣΚΔΕ κατά 8,9% επί της προτεινόμενης ετήσιας κατανομής, επιβάλλοντας *ανώτατο όριο ετήσιας κατανομής* τους ***68,3 Mt*** CO_2 (ή 341,5 Mt συνολικά)

Επιπλέον, με την Οδηγία 2003/87/EC αναθεωρήθηκε το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών (ΕΣΕΕ). Συγκεκριμένα από το 2013 θα υπάρξει ένα και μόνο πανευρωπαϊκό όριο εκπομπών αντί για 27 εθνικά όρια. Η ποσότητα δικαιωμάτων που διατίθεται κάθε χρόνο για το σύνολο της Ε.Ε. θα μειωθεί γραμμικά και θα συνεχιστεί η μείωσή τους και μετά το πέρας της περιόδου 2013-2020. Οι χώρες θα έχουν επίσης και έναν άλλο δεσμευτικό στόχο μείωσης των εκπομπών για τομείς που δεν συμμετέχουν στο ΕΣΕΕ, ο οποίος για την Ελλάδα καθορίστηκε σε 4% το 2020 σε σύγκριση με τις εκπομπές των τομέων αυτών το 2005. Επίσης, δεν θα υπάρχουν πια συγκεκριμένα ΕΣΚΔΕ.

Στην Ελλάδα, από όλους τους τομείς που συμμετέχουν στο ΕΣΚΔΕ, το μεγαλύτερο βάρος το επωμίζεται ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής. Στις υφιστάμενες μονάδες της ΔΕΗ εκχωρούνται 44,3 εκατ. δικαιώματα εκπομπών ανά έτος για την περίοδο 2008 – 2010 και 43,4 εκατ. δικαιώματα εκπομπών ανά έτος για την περίοδο 2011 – 2012 [ΦΕΚ 2575Β].

Σύμφωνα με το άρθρο 10 της Οδηγίας 2003/87, ορίζεται ότι για την περίοδο 2008−2012 τα συμβαλλόμενα κράτη της Ε.Ε. θα πρέπει να κατανέμουν τουλάχιστον το 90% των δικαιωμάτων δωρεάν, ενώ το υπόλοιπο θα μπορεί να πωλείται μέσω δημοπρασίας [ΦΕΚ 2575Β]. Στόχος της Ε.Ε. είναι σταδιακά να μειώνεται το ποσοστό των δωρεάν δικαιωμάτων. Συγκεκριμένα, το 2020 θα πρέπει τα δωρεάν δικαιώματα να είναι στο 30% των συνολικών δικαιωμάτων, ενώ το 2027 να έχει καταργηθεί η δωρεάν κατανομή.

Επίσης, η ίδια οδηγία προβλέπει ότι τουλάχιστον το 50% των εισπράξεων από τη δημοπρασία των δικαιωμάτων οφείλει να χρησιμοποιείται για τους ακόλουθους σκοπούς [Διαδικτυακή Πύλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης http://europa.eu/index_el.htm]:

- μείωση των αερίων θερμοκηπίου
- ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και άλλων τεχνολογιών που συμβάλλουν στη μετάβαση προς μία οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα
- μέτρα με στόχο την αποφυγή της αποδάσωσης και μέτρα για την αύξηση της δάσωσης και της αναδάσωσης
- απομόνωση του CO_2 από τα δάση
- δέσμευση και γεωλογική αποθήκευση του CO_2
- στροφή προς τα χαμηλών εκπομπών δημόσια μέσα μεταφοράς
- έρευνα στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης και των καθαρών τεχνολογιών
- ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης και της μόνωσης
- κάλυψη των διοικητικών δαπανών για τη διαχείριση του κοινοτικού συστήματος

2.4 Χρηματιστήριο Ρύπων

Το Χρηματιστήριο Ρύπων είναι μια νέα χρηματιστηριακή αγορά που αναδύθηκε μετά την ενεργοποίηση του Πρωτοκόλλου του Κιότο, το Φεβρουάριο του 2005. Είναι πρακτικά μια αγορά όπου χώρες και βιομηχανικές εγκαταστάσεις που ρυπαίνουν λιγότερο από τα επιτρεπτά όρια μπορούν να πωλούν τα περιθώρια τους σε άλλες που ξεπερνούν τα όρια των επιτρεπόμενων ρύπων. Με τον ίδιο τρόπο, όσοι ρυπαίνουν μπορούν αντί προστίμου, με πολύ λιγότερα χρήματα, να αγοράζουν 'δικαιώματα στη ρύπανση' στο διεθνές Χρηματιστήριο Ρύπων.

Το μεγαλύτερο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής ρύπων παγκοσμίως είναι το Ευρωπαϊκό Σχέδιο Κατανομής Ρύπων (EUETS), με αξία περίπου στα 70 δισ. € το 2009, ενώ η αξία της διεθνούς αγοράς ρύπων το 2010 έφτασε τα 98 δις. €.

Όσον αφορά την κατάσταση στην Ελλάδα, μέσα στο 2011 θα δημοπρατηθούν μέσω του Χρηματιστηρίου Αθηνών μετά από σχετική σύμβαση που υπέγραψαν το υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής και το Χρηματιστήριο Αθηνών. Με κοινή υπουργική απόφαση τα υπουργεία Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Οικονομικών και Περιφερειακής Ανάπτυξης και Ανταγωνιστικότητας προχώρησαν στον καθορισμό της ποσότητας των αδιανέμητων δικαιωμάτων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών της περιόδου 2008-2012, και κατέληξαν σε ένα εκατομμύριο Δικαιώματα Εκπομπής Ρύπων (1.000.000 EAUs). Η πρώτη δημοπρασία πραγματοποιήθηκε στις 1η Ιουνίου 2011 και η σύμβαση προβλέπει ότι οι δημοπρασίες θα διενεργούνται σταδιακά για ποσότητες ενός εκατομμυρίου δικαιωμάτων εκπομπής αερίων κάθε φορά.

Κεφάλαιο 3

Αποτύπωμα Άνθρακα
(Carbon Footprint)

3.1 Ορισμός

Το Αποτύπωμα Άνθρακα έχει γίνει τα τελευταία χρόνια ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος όρος και αντικείμενο δημόσιων συζητήσεων από κυβερνήσεις, τον επιχειρηματικό κόσμο και τα μέσα ενημέρωσης. Αποτελεί μια λέξη – βόμβα γιατί αναφέρεται στους υπεύθυνους και τις ενέργειες που πραγματοποιούνται και συντελούν στις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές.

Αλλά τι ακριβώς είναι το αποτύπωμα άνθρακα; Παρά το γεγονός ότι σαν όρος χρησιμοποιείται εκτεταμένα, περαιτέρω έρευνα έδειξε ότι δεν υπάρχει ένας σαφής ορισμός του όρου και υπάρχει μία σύγχυση με το τι ακριβώς σημαίνει, πως μετριέται και ποια μονάδα μέτρησης χρησιμοποιείται. Η κοινή βάση είναι ότι το αποτύπωμα άνθρακα αφορά μία ποσότητα εκπομπών αερίων, που έχουν στο μόριο τους άτομα άνθρακα και σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή καθώς συνδέονται με τις ανθρώπινες παραγωγικές και καταναλωτικές δραστηριότητες. Αλλά εδώ είναι που τελειώνουν τα κοινά σημεία. Δεν υπάρχει ομοφωνία στο πώς να μετρήσουμε ή να ποσοτικοποιήσουμε ένα αποτύπωμα άνθρακα.

Ο όρος 'αποτύπωμα' χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά για να περιγράψει τις επιπτώσεις των ανθρώπινων παραγωγικών ή καταναλωτικών δραστηριοτήτων από τους σχεδιαστές του Βρετανικού Πανεπιστημίου Κολούμπια William Rees και Mathis Wackernagel. Ορίζεται λοιπόν το 'οικολογικό αποτύπωμα' ως το εργαλείο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της κατανάλωσης πόρων και των απαιτήσεων αφομοίωσης των αποβλήτων από έναν καθορισμένο πληθυσμό ως προς μια αντίστοιχη παραγωγική έκταση γης [Global Footprint Network, 2007].

Ο όρος 'αποτύπωμα άνθρακα' προέρχεται από την έννοια του οικολογικού αποτυπώματος αλλά έχει εξελιχθεί σε έναν ξεχωριστό όρο. Γενικά ένα αποτύπωμα άνθρακα επικεντρώνεται σε διαδικασίες και πράξεις που σχετίζονται με τις εκπομπές του CO_2 (και άλλων αερίων του θερμοκηπίου). Ενώ ένα οικολογικό αποτύπωμα είναι ένα μέτρο της αναγεννητικής ικανότητας του περιβάλλοντος, η πλειοψηφία των ορισμών του αποτυπώματος άνθρακα αναφέρεται στη μέτρηση της ποσότητας άνθρακα που παράγεται από καθορισμένες δραστηριότητες.

Προτού λοιπόν καταλήξουμε σε μια δική μας προσέγγιση του ορισμού θα αναφέρουμε κάποιους ορισμούς που έχουν χρησιμοποιηθεί για το αποτύπωμα άνθρακα.

Το αποτύπωμα άνθρακα μετρά τις συνολικές εκπομπές αερίων που προκαλούνται άμεσα και έμμεσα από έναν άνθρωπο, έναν οργανισμό, μια εκδήλωση ή ένα προϊόν [Carbon Trust, 2011].
Το αποτύπωμα άνθρακα είναι μια μέτρηση της ποσότητας του CO_2 που εκπέμπεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Στην περίπτωση ενός οργανισμού, μιας επιχείρησης ενός ατόμου ή ενός νοικοκυριού αναφέρεται στις εκπομπές του CO_2 από τις καθημερινές λειτουργίες/ δραστηριότητες. Για ένα προϊόν ή μια υπηρεσία περιλαμβάνει επιπλέον εκπομπές του CO_2 κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας [Carbon N Zero, 2010].
Ο όρος αναφέρεται στην ποσότητα του παραγωγικού εδάφους (δάση) που απαιτείται για να απομονωθεί η ισοδύναμη ποσότητα των αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπει μια εταιρία [Triplepundit, 2011].
Το αποτύπωμα άνθρακα είναι ένα μέτρο της ποσότητας του CO_2 που εκπέμπεται άμεσα και έμμεσα από μία δραστηριότητα ή συσσωρεύεται από τα στάδια ζωής ενός προϊόντος [Wiedmann & Minx, 2007].

Σε μια πρώτη προσέγγιση λοιπόν τίθεται το ερώτημα: θα πρέπει το αποτύπωμα άνθρακα να περιλαμβάνει μόνο τις εκπομπές του CO_2 ή και εκπομπές άλλων αερίων του θερμοκηπίου, όπως π.χ. του μεθανίου; Ένα άλλο ερώτημα είναι εάν θα πρέπει το αποτύπωμα άνθρακα να περιλαμβάνει έμμεσες εκπομπές που ενσωματώνονται στις τοπικές διαδικασίες παραγωγής ή αρκεί να εξετάσουμε μόνο τις άμεσες εκπομπές μιας διαδικασίας, ενός προϊόντος ή ενός ανθρώπου. Με άλλα λόγια, θα πρέπει το αποτύπωμα άνθρακα να αναφέρεται σε όλο τον κύκλο ζωής των προϊόντων και των υπηρεσιών που χρησιμοποιούνται; Και αν ναι, ποια θα πρέπει να είναι τα όρια και πως μπορούν αυτές οι εκπομπές να ποσοτικοποιηθούν;

Έπειτα λοιπόν από μελέτη καταλήξαμε στον ορισμό που θεωρούμε αρτιότερο και είναι ο εξής:

Το Αποτύπωμα Άνθρακα αποτελεί το σύνολο των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου που εκλύονται άμεσα και έμμεσα από τις δραστηριότητες ενός ατόμου, μίας επιχείρησης ή ενός οργανισμού, αλλά και από τη διαδικασία παραγωγής ενός προϊόντος ή από τη διαδικασία παροχής μιας υπηρεσίας.

Το αποτύπωμα άνθρακα εκφράζεται σε γραμμάρια, κιλά ή τόνους και υπολογίζεται ανά χρονική περίοδο η οποία συνήθως είναι ο ένας χρόνος.

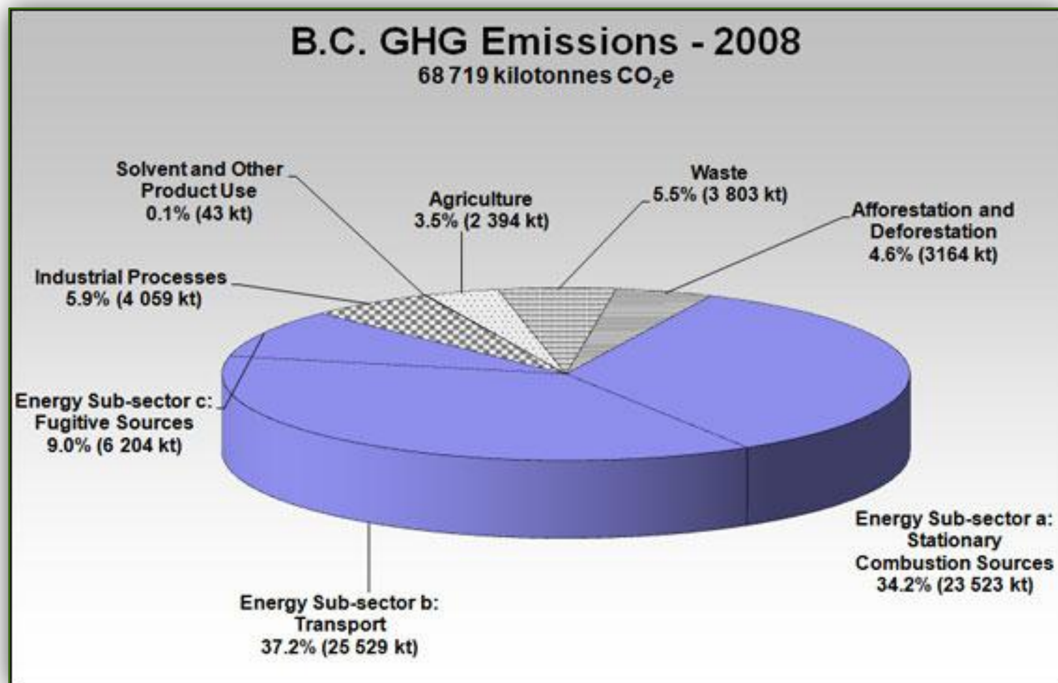
Προκύπτει ως το άθροισμα δύο τιμών: το άμεσο (πρωτεύον) αποτύπωμα και το έμμεσο (δευτερεύον). Το πρωτεύον αποτύπωμα είναι μια μέτρηση της άμεσης εκπομπής CO_2 από την καύση των ορυκτών καυσίμων. Στο πρωτεύον αποτύπωμα περιλαμβάνονται και οι έμμεσες εκπομπές που προκύπτουν από την οικιακή κατανάλωση ενέργειας και την κατανάλωση ενέργειας από τα μέσα μεταφοράς. Το δευτερεύον αποτύπωμα είναι μια μέτρηση της έμμεσης εκπομπής CO_2 από τον κύκλο ζωής των προϊόντων που χρησιμοποιούμε καθημερινά, σχετιζόμενη με την παραγωγή τους και το τέλος ζωής τους.

Σε πολλές περιπτώσεις λαμβάνουμε υπ’ όψιν μας το ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα (CO_{2e}), το οποίο υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τις εκπομπές καθενός από τα αέρια που μας ενδιαφέρουν με το Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη (GWP).

Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) οι δραστηριότητες που είναι υπεύθυνες για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου διακρίνονται σε τέσσερεις κατηγορίες:

- Τομέας Ενέργειας (ENERGY). Στον τομέα αυτό περιλαμβάνονται οι εκπομπές από τις σταθεροποιημένες καύσεις, από τις καύσεις καυσίμων για μεταφορές και οι ανεξέλεγκτες εκπομπές από τη βιομηχανία ορυκτών καυσίμων.
- Τομέας Βιομηχανικών Διαδικασιών και Χρήσης Προϊόντων. Εδώ περιλαμβάνονται οι εκπομπές που προκύπτουν από χημικές αντιδράσεις που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία μετατροπής υλικών (π.χ. κατά την παραγωγή αλουμινίου, ασβέστη, τσιμέντου κ.ά.
- Τομέας Δασοπονίας και υπόλοιπων Χρήσεων της Γης (AFOLU). Ο τομέας αυτός αναφέρεται στις εκπομπές που προκύπτουν από την αποψίλωση των δασών και την απομάκρυνση από τη δάσωση. Επίσης περιλαμβάνονται οι εκπομπές από την εντερική ζύμωση (διαδικασία πέψης των μηρυκαστικών ζώων) και τη διαχείριση των γεωργικών εδαφών.
- Τομέας Αποβλήτων (WASTE). Εδώ αναφερόμαστε στις εκπομπές που προκύπτουν από την αποσύνθεση στερεών αποβλήτων στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ) ή από την καύση αποβλήτων και την επεξεργασία λυμάτων.

Το παγκόσμιο αποτύπωμα άνθρακα λοιπόν διαμορφώνεται όπως δείχνει η Εικόνα 3.1:



Εικόνα 3.1 – Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για το 2008 σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος της Βρετανίας
[Πηγή: British Columbia Greenhouse Gas Inventory Report 2008]

3.2 Επιχειρήσεις και Αποτύπωμα άνθρακα

Κάθε επιχείρηση, ανεξάρτητα από το σε ποιον από τους τέσσερεις παραπάνω τομείς δραστηριοποιείται, περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων, που εκπέμπουν αέρια του θερμοκηπίου και επομένως συντελούν στη δημιουργία αποτυπώματος άνθρακα. Οι δραστηριότητες αυτές ταξινομούνται σε τρία στάδια, ανάλογα με το βαθμό ελέγχου που έχει επιχείρηση σε κάθε δραστηριότητα. Έτσι θα έχουμε:

- Στάδιο 1: Οι Απευθείας εκπομπές που προκύπτουν από δραστηριότητες που ελέγχει άμεσα η επιχείρηση.
- Στάδιο 2: Οι έμμεσες εκπομπές που προκύπτουν κυρίως από τη χρήση ηλεκτρισμού
- Στάδιο 3: Άλλες έμμεσες εκπομπές που προκύπτουν από προϊόντα και υπηρεσίες που η επιχείρηση δεν ελέγχει άμεσα. Σε αυτό το στάδιο περιλαμβάνονται έμμεσες εκπομπές που προκύπτουν από πηγές όπως τα απόβλητα της επιχείρησης. Εδώ συγκαταλέγονται επίσης οι εκπομπές που προκύπτουν κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας των προϊόντων της επιχείρησης και οι εκπομπές που προκύπτουν από τη μετακίνηση των υπαλλήλων (π.χ. μέσα μαζικής μεταφοράς, αεροπλάνο, αυτοκίνητο κλπ.)

Υπάρχουν πολλοί λόγοι για τους οποίους μία επιχείρηση έχει όφελος από τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα της. Κάποιοι από αυτούς τους λόγους είναι:

- ✓ να εντοπίσει τις φάσεις παραγωγής με την υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας ώστε να τη διαχειριστεί για να μειώσει το κόστος λειτουργίας της,
- ✓ να συνεισφέρει στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής,
- ✓ να επιδείξει στους πελάτες της ότι λαμβάνει μέριμνα για τη προστασία του περιβάλλοντος,
- ✓ να συμμετέχει στις αγορές «πράσινων» προϊόντων,
- ✓ να βελτιώσει την εικόνα της στους καταναλωτές.

Η επιχείρηση μπορεί να ακολουθήσει τρόπους μείωσης του αποτυπώματος της, είτε με αλλαγή της υπάρχουσας τεχνολογίας, είτε με αλλαγή πρώτων υλών, με αντιστάθμιση ή κάποια άλλη μέθοδο.

3.3 Βασικότερα συστήματα υπολογισμού

Όπως ήδη αναφέραμε το αποτύπωμα άνθρακα αναφέρεται σε πολλές δραστηριότητες και γι’ αυτό έχει δημιουργηθεί ένα πλήθος προγραμμάτων που αναφέρονται στον τρόπο υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα. Για το πρωτεύον αποτύπωμα έχουν οριστεί διεθνείς κανονισμοί για τον τρόπο υπολογισμού του και υπάρχει άμεσος έλεγχος του, χωρίς βέβαια αυτό υποχρεωτικά να σημαίνει ότι όλα τα προγράμματα υπολογισμού υπακούουν στους κανονισμούς αυτούς. Το δευτερεύον αποτύπωμα μιας και δεν είναι άμεσα υπολογίσιμο, υπολογίζεται σύμφωνα με τις μεθόδους που επιλέγει ο εκάστοτε δημιουργός του προγράμματος και οι πραγματικές τιμές ενδέχεται να διαφέρουν.

Η πιο διαδεδομένη και αποδεκτή παγκοσμίως μεθοδολογία είναι το Πρωτόκολλο των Αερίων του Θερμοκηπίου (Greenhouse Gas Protocol – GHGP). Το Πρωτόκολλο αυτό αναφέρεται μόνο στον υπολογισμό του πρωτεύοντος αποτυπώματος, ενώ υπάρχουν πολλά αξιόλογα προγράμματα που υπολογίζουν και το δευτερεύον αποτύπωμα.

Όσον αφορά τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς, υπάρχουν αντίστοιχα προγράμματα υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα. Σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα η μέτρηση των εκπομπών είναι υποχρεωτική από την Ε.Ε. στα πλαίσια της Εταιρικής Κοινωνικής Ευθύνης. Επίσης, έχουν δημιουργηθεί εφαρμογές που υπολογίζουν το αποτύπωμα άνθρακα ακόμα και για εκδηλώσεις και γεγονότα, προκειμένου να χαρακτηριστούν ως γεγονότα με ουδέτερο αποτύπωμα άνθρακα (carbon neutral). Όλα αυτά θα τα αναλύσουμε εκτενέστερα στα επόμενα εδάφια του κεφαλαίου.

Στο Διαδίκτυο υπάρχει πληθώρα προγραμμάτων που υπολογίζουν το αποτύπωμα άνθρακα, κάποια από τα οποία διατίθενται δωρεάν στους ενδιαφερόμενους και κάποια όχι. Επίσης έχουν δημιουργηθεί σε παγκόσμια κλίμακα πολλές ιδιωτικές επιχειρήσεις που υπολογίζουν το αποτύπωμα άνθρακα. Στις ενότητες αυτού του κεφαλαίου γίνεται μία εκτενής αναφορά στα πιο έγκυρα freeware προγράμματα καθώς και στη μεθοδολογία που αυτά βασίζονται.

3.3.1 Πρόγραμμα The Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol):



Το Πρωτόκολλο GHG είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο εργαλείο από κυβερνήσεις και επιχειρήσεις προκειμένου να κατανοήσουν, ποσοτικοποιήσουν και διαχειριστούν τις εκπομπές αερίων. Δημιουργήθηκε από το Παγκόσμιο Ινστιτούτο Φυσικών Πόρων (World Resources Institute – WRI) και το Παγκόσμιο Συμβούλιο Επιχειρήσεων υπέρ της Αειφόρου Ανάπτυξης (World Business Council for Sustainable Development- WBCSD). Τμήματα του αποτελούν τη βάση του ISO 14001.

Διαθέτει εργαλεία υπολογισμού για όλες εκείνες τις δραστηριότητες που εκπέμπουν τις σημαντικότερες ποσότητες CO_2 παγκοσμίως. Οι σημαντικότερες κατηγορίες από αυτές είναι οι σταθεροποιημένες καύσεις, ο αγορασμένος ηλεκτρισμός, η αγορασμένη θερμότητα και οι εκπομπές που προκύπτουν από τη χρήση ψυγείων και air-condition. Επίσης υπολογίζει το αποτύπωμα άνθρακα που προκύπτει από τις εκπομπές CO_2 όταν παράγεται σίδηρος και χάλυβας (ατσάλι), ασβέστης και αλουμίνιο. Αναλυτικότερα για

Όλα τα εργαλεία του Πρωτοκόλλου χρησιμοποιούν για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα το υπολογιστικό πρόγραμμα Excel της Microsoft.

3.3.1.1 Σταθεροποιημένες Καύσεις (Καύσεις Ορυκτών Καυσίμων)

Με τον όρο σταθεροποιημένες καύσεις αναφερόμαστε στις καύσεις που πραγματοποιούνται σε μία σταθερή εγκατάσταση χρησιμοποιώντας κυρίως ορυκτά καύσιμα. Με την καύση ορυκτών καυσίμων παράγονται τα ακόλουθα αέρια του θερμοκηπίου: CO_2, CH_4 και N_2O.

Η διαδικασία της καύσης καθορίζεται από την ταχύτατη οξείδωση των καυσίμων με την ταυτόχρονη απελευθέρωση θερμικής ενέργειας. Κατά τη διάρκεια της καύσης σχηματίζονται αέρια του θερμοκηπίου και εάν δεν δεσμευθούν ή ελεγχθούν, εκπέμπονται.

Η ενέργεια που περιέχεται σε ένα καύσιμο είναι μια ισόθερμη χημική ιδιότητα που εξαρτάται από τον αριθμό και τον τύπο των χημικών δεσμών του καυσίμου. Το περιεχόμενο ενός καυσίμου σε άνθρακα είναι επίσης μια ισόθερμη χημική ιδιότητα. Το μεγαλύτερο κομμάτι της ενέργειας που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της καύσης προκύπτει από το σπάσιμο των χημικών δεσμών ανάμεσα στον άνθρακα και

τα άτομα του υδρογόνου και τον σχηματισμό ενός διπλού δεσμού ανάμεσα στα ίδια άτομα άνθρακα και τα άτομα οξυγόνου. Επομένως, τόσο το ποσό θερμότητας που εκλύεται από την καύση όσο και η ποσότητα του CO_2 που παράγεται δείχνουν την ποσότητα του άνθρακα στο καύσιμο.

Η προσέγγιση που χρησιμοποιείται προκειμένου να εκτιμηθούν οι εκπομπές CO_2 διαφέρει σημαντικά από αυτή που χρησιμοποιείται για να υπολογίσουμε τις εκπομπές CH_4 και N_2O. Οι τελευταίες εξαρτώνται όχι μόνο από τα χαρακτηριστικά του καυσίμου αλλά και από τον τεχνολογικό τύπο της καύσης, τις συνθήκες που επικρατούν στον Θάλαμο Καύσης, και τη χρήση εξοπλισμού που ελέγχει τη μόλυνση. Το GHGP όμως επικεντρώνεται κυρίως στις άμεσες εκπομπές CO_2 από καύσεις ορυκτών καυσίμων. Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι ότι σε μία σταθεροποιημένη καύση ορυκτών καυσίμων το CO_2 αποτελεί πάνω από το 99% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, εντούτοις υπολογίζει και τις υπόλοιπες εκπομπές.

Οι άμεσες εκπομπές αερίων προκύπτουν από εκπομπές καύσης ή εκπομπές από χημικές παραγωγές. Οι περισσότερες διατάξεις στις οποίες πραγματοποιούνται καύσεις ανήκουν σε μία από τις ακόλουθες κατηγορίες: λέβητες (boilers), καυστήρες, στρόβιλους, θερμαντήρες, κάμινους, κλίβανους, Μ.Ε.Κ. (Μηχανές Εσωτερικής Καύσης), θερμικοί οξειδωτές, τζάκια και οποιαδήποτε άλλη συσκευή ή εξοπλισμός που καίει καύσιμα άνθρακα.

Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις για την εκτίμηση των άμεσων εκπομπών CO_2 από τη σταθεροποιημένη καύση:

Α. απευθείας μέτρηση της μάζας του CO_2 στο καυσαέριο,

Β. υπολογισμός των εκπομπών CO_2 βασισμένος σε αντιπροσωπευτικά δεδομένα.

Α. <u>Απευθείας μέτρηση εκπομπών CO_2</u>

Σε αυτό το τμήμα το Πρωτόκολλο αναφέρει τις βασικές μεθοδολογίες και τα θέματα που σχετίζονται με την απευθείας μέτρηση των εκπομπών. Συνήθως χρησιμοποιούνται συστήματα απευθείας μετρήσεων (Continuous Emissions Monitoring CEM).

Το πρώτο βήμα για την εφαρμογή μιας απευθείας μέτρησης είναι η προετοιμασία ενός σχεδίου παρακολούθησης, συμπεριλαμβανομένου και του κατάλληλου μετρητικού εξοπλισμού. Ένας τυπικός ρυθμός για δειγματοληψία του ρυθμού εκπομπής των καυσαερίων και της συγκέντρωσης είναι κάθε 15 λεπτά.

Σημαντικό επίσης είναι να αναφερθεί ότι τα συστήματα CEM δεν μπορούν να διαχωρίσουν το CO_2 που παράγεται από την καύση υλικών βιομάζας από αυτό που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Για το λόγο αυτό, σε περιπτώσεις που

υπάρχει μικτή καύση οι εκπομπές CO_2 από βιογενή άνθρακα θα πρέπει μα αφαιρούνται από τις τελικές εκπομπές και να αναφέρονται ξεχωριστά.

Γνωρίζοντας από τα συστήματα CEM τα στοιχεία της ροής και τις συγκεντρώσεις υπολογίζουμε με βάση τις εξισώσεις:

Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα από απ’ ευθείας μέτρηση όταν το CO_2 βρίσκεται σε *υγρή κατάσταση* δίνονται από την εξίσωση:

$$E = D_{CO2} \cdot C_{CO2} \cdot Q_{STP} \quad (1)$$

όπου:

E Οι εκπομπές μάζας του CO_2 (σε τόνους/ώρα ή σε short tons/ώρα)

D_{CO2} Η πυκνότητα του CO_2 σε πρότυπη θερμοκρασία και πίεση

C_{CO2} Η μέση συγκέντρωση του CO_2 στο καυσαέριο σε υγρή κατάσταση (κλάσμα κατ’ όγκο)

Q_{STP} Μέσος ογκομετρικός ρυθμός ροής σε υγρή κατάσταση σε πρότυπη θερμοκρασία και πίεση (ft^3/ώρα ή m^3/ώρα)

Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα από απ’ ευθείας μέτρηση όταν το CO_2 βρίσκεται σε *ξηρή κατάσταση* δίνονται από την εξίσωση:

$$E = D_{CO2} \cdot C_{CO2} \cdot Q_{STP} \cdot (1 - C_{H2O}) \quad (2)$$

όπου:

E Οι εκπομπές μάζας του CO_2 (σε τόνους/ώρα ή σε short tons/ώρα)

D_{CO2} Η πυκνότητα του CO_2 σε πρότυπη θερμοκρασία και πίεση

C_{CO2} Η μέση συγκέντρωση του CO_2 στο καυσαέριο σε ξηρή κατάσταση (κλάσμα κατ’ όγκο)

Q_{STP} Μέσος ογκομετρικός ρυθμός ροής σε υγρή κατάσταση σε πρότυπη θερμοκρασία και πίεση (ft^3/ώρα ή m^3/ώρα)

C_{H2O} Η μέση περιεκτικότητα σε υγρασία (κλάσμα κατ’ όγκο)

Παρατηρούμε ακόμα ότι οι εκπομπές του CO_2 προκύπτουν από την αφαίρεση της υγρασίας από την υγρή κατάσταση.

Για να υπολογίσουμε το μέγεθος $\mathbf{C_{CO2}}$, δηλαδή τη **μέση συγκέντρωση του $\mathbf{CO_2}$** υπάρχουν διάφορες μεθοδολογίες. Μερικές μονάδες παρακολουθούν τη συγκέντρωση του οξυγόνου (O_2) στο καυσαέριο με απ’ ευθείας μέτρηση και τη

χρησιμοποιούνε για να υπολογίσουν τη συγκέντρωση του CO_2. Η εξίσωση που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του είναι $\boldsymbol{C_{CO2}}$:

$$C_{CO2} = \frac{((0{,}209 - C_{O2})/0{,}209) \cdot F_{CO2}}{F_{exhaust}} \quad (3)$$

όπου:

C_{CO2} Η μέση συγκέντρωση του CO_2 στο καυσαέριο σε ξηρή κατάσταση (κλάσμα κατ' όγκο)

C_{O2} Η μέση συγκέντρωση του O_2 στο καυσαέριο σε ξηρή κατάσταση (κλάσμα κατ' όγκο)

0,209 Κλάσμα κατ' όγκο του O_2 στον αέρα του περιβάλλοντος

F_{CO2} Λόγος του όγκου του CO_2 που δημιουργείται σε ξηρή κατάσταση και πρότυπη θερμοκρασία και πίεση, προς τη μικτή θερμιδική αξία του καυσίμου που καίγεται (σε m^3/KJ)

$F_{exhaust}$ Λόγος του όγκου του συνολικού καυσαερίου που δημιουργείται σε ξηρή κατάσταση και πρότυπη θερμοκρασία και πίεση, προς τη μικτή θερμιδική αξία του καυσίμου που καίγεται (σε m^3/KJ)

Προκειμένου επίσης να μετατρέψουμε τις πραγματικές μετρήσεις της ροής από τον ογκομετρικό ρυθμό ροών σε πρότυπη θερμοκρασία και πίεση χρησιμοποιούμε την εξίσωση:

$$Q_{STP} = Q_{Actual} \cdot \left(\frac{T_{STP}}{T_{exhaust}}\right) \cdot \left(\frac{P_{exhaust}}{P_{STP}}\right) \quad (4)$$

όπου:

Q_{STP} Ογκομετρικός ρυθμός των καυσαερίων για πρότυπη πίεση και θερμοκρασία

Q_{Actual} Ογκομετρικός ρυθμός των καυσαερίων για πραγματική πίεση και θερμοκρασία

T_{STP} Η πρότυπη θερμοκρασία είναι 15^o C

$T_{exhaust}$ Θερμοκρασία καυσαερίων στο σημείο παρακολούθησης

$P_{exhaust}$ Πίεση καυσαερίων στο σημείο παρακολούθησης (απόλυτη)

P_{STP} Η πρότυπη πίεση (απόλυτη) είναι 1,013 bar

Όσον αφορά τις μονάδες που χρησιμοποιούνται στις εξισώσεις υπολογισμού, ένας *short ton* ισοδυναμεί με 2000 pounds. Επίσης, μια Βρετανική θερμική μονάδα μέτρησης (British thermal unit – Btu) ισοδυναμεί με 1,054 έως 1,060 KJ. Τέλος, η πυκνότητα του CO_2 σε πρότυπη θερμοκρασία και πίεση $\mathbf{D_{CO2}}$ είναι συνήθως 1,87 kg/m^3.

Β. Υπολογισμός Εκπομπών CO_2 με βάση αντιπροσωπευτικά δεδομένα

Οι μέθοδοι που βασίζονται σε αντιπροσωπευτικά δεδομένα συνήθως συνεπάγονται τη συλλογή α) δεδομένων δραστηριότητας, στη μορφή της ποσότητας του καυσίμου που καταναλώνεται για την καύση, και β) δεδομένων που είναι συντελεστές καύσης, στη μορφή πληροφορίας των χαρακτηριστικών του καυσίμου που καίγεται και της απόδοσης της διαδικασίας οξείδωσης.

Προκειμένου λοιπόν να υπολογιστούν οι εκπομπές *CO_2 από την κατανάλωση καυσίμων*, χρησιμοποιούμε την εξίσωση:

$$\boxed{E = A_{f,v} \cdot F_{c,v} \cdot F_{ox} \cdot (44/12)} \text{ ή } \boxed{E = A_{f,m} \cdot F_{c,m} \cdot F_{ox} \cdot (44/12)} \text{ ή }$$

$$\boxed{E = A_{f,h} \cdot F_{c,h} \cdot F_{ox} \cdot (44/12)} \quad (5)$$

όπου:

- E Οι εκπομπές μάζας του CO_2 (σε τόνους ή σε short tons)
- $A_{f.v}$ Ο όγκος των καυσίμων που καταναλώθηκαν (σε L, m^3, ft^3)
- $A_{f.m}$ Η μάζα των καυσίμων που καταναλώθηκαν (σε τόνους ή short tons)
- $A_{f.h}$ Η θερμότητα που περιέχεται στο καύσιμο που καταναλώνεται (σε GJ ή εκατομμύρια Btu)
- $F_{c,v}$ Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα εκφρασμένη σε μονάδες όγκου (τόνοι/m^3)
- $F_{c,m}$ Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα εκφρασμένη σε μονάδες μάζας (τόνοι/τόνο)
- $F_{c,h}$ Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα εκφρασμένη σε μονάδες θερμότητας (τόνοι/GJ)
- F_{ox} Ο συντελεστής οξείδωσης για τη μέτρηση του άνθρακα του καυσίμου που παραμένει ως καπνός ή τέφρα
- 44/12 Ο λόγος του μοριακού βάρους του CO_2 προς το μοριακό βάρος του άνθρακα

Για τον ορθό υπολογισμό θα πρέπει τα παραπάνω δεδομένα να είναι εκφρασμένα στην ίδια βάση (όγκου, μάζας κ.ά.)

Η εξίσωση που δίνει το <u>*ποσό της θερμότητας*</u> που περιέχεται στο καύσιμο που καταναλώνεται είναι η:

$$\boxed{A_{f,h} = A_{f,v} \cdot H_v} \text{ ή } \boxed{A_{f,h} = A_{f,m} \cdot H_m} \quad (6)$$

όπου:

$A_{f.h}$ Η θερμότητα που περιέχεται στο καύσιμο που καταναλώνεται (σε GJ ή εκατομμύρια Btu)

$A_{f.v}$ Ο όγκος των καυσίμων που καταναλώθηκαν (σε L, m^3, ft^3)

$A_{f.m}$ Η μάζα των καυσίμων που καταναλώθηκαν (σε τόνους ή short tons)

H_v Η θερμιδική αξία του καυσίμου εκφρασμένη σε μονάδες όγκου (GJ/L ή εκατομμύρια Btu/ft^3)

H_m Η θερμιδική αξία του καυσίμου εκφρασμένη σε μονάδες μάζας (GJ/τόνο ή εκατομμύρια Btu/short ton)

Για να εφαρμόσουμε τις εξισώσεις (5), (6) που χρησιμοποιεί το Πρωτόκολλο GHG στο φύλλο εργασίας του πρέπει να κάνουμε τα ακόλουθα βήματα:

<u>1^ο Βήμα</u>: Συλλογή δεδομένων για την ποσότητα του καυσίμου που κάηκε εκφρασμένα σε μονάδες όγκου, μάζας ή ενέργειας. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να βασιστούν σε συνταγές καυσίμων, αγορασμένα αρχεία ή σε μετρητές που μετρούν την ποσότητα του καυσίμου που εισέρχεται στη συσκευή καύσης.

<u>2^ο Βήμα</u>: Συλλογή δεδομένων για την πυκνότητα του καυσίμου και/ή την θερμιδική αξία και μετατροπή των δεδομένων του καυσίμου σε μια κοινή βάση όγκου, μάζας ή ενέργειας. Τα δεδομένα της κατανάλωσης καυσίμου του 1^{ου} Βήματος και τα δεδομένα της περιεκτικότητας του άνθρακα από το 2^ο Βήμα πρέπει να είναι εκφρασμένα σε κοινές μονάδες προτού προχωρήσουμε στον υπολογισμό των εκπομπών.

<u>3^ο Βήμα</u>: Εκτίμηση της περιεκτικότητας άνθρακα για καθένα από τα καύσιμα που κάηκαν. Οι τιμές τις περιεκτικότητας του άνθρακα μπορούν να βασίζονται σε μια εργαστηριακή ανάλυση, σε δεδομένα που παρέχονται από τους προμηθευτές του καυσίμου ή σε τυχαίους παράγοντες.

<u>4^ο Βήμα</u>: Συλλογή δεδομένων για τον υπολογισμό του συντελεστή οξείδωσης $\mathbf{F_{ox}}$. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να βασιστούν σε οποιονδήποτε συνδυασμό των αναλύσεων της περιεκτικότητας του άνθρακα στα στερεά που παραμένουν (τέφρα στον πυθμένα, ιπτάμενη τέφρα και καπνός), της γνώμης ειδικών ή τυχαίων παραγόντων.

5ο Βήμα: Έλεγχος για επιβεβαίωση ότι όλες οι μονάδες έχουν συνοχή και έχουν μετατραπεί σωστά μέσω των παραμέτρων.

6ο Βήμα: Υπολογισμός των εκπομπών CO_2 εφαρμόζοντας την Εξίσωση (5).

Οι τιμές που δίνει η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), αποτελούν μια διεθνή μέση ένδειξη του συντελεστή οξείδωσης $\mathbf{F_{ox}}$ (%) και είναι:

Τύπος καυσίμου	Τιμή της IPCC	Εύρος των πιθανών τιμών
Γαιάνθρακας (Κάρβουνο)	98	91 έως 100
Πετρέλαιο και προϊόντα πετρελαίου	99	97,5 έως 100
Αέριο (Φυσικό αέριο, βιοαέριο κ.ά.)	99,5	99 έως 100
Τύρφη	99 για παραγωγή ηλεκτρισμού <99 για οικιακή και εμπορική χρήση	91 έως 100

Πίνακας 3.1 – Συντελεστής Οξείδωσης $\mathbf{F_{ox}}$ για διαφορετικούς τύπους καυσίμου [Πηγή: IPCC, GHG Protocol]

Υπολογισμός άμεσων εκπομπών CH_4 και N_2O από καύση ορυκτών καυσίμων

Από τις σταθεροποιημένες καύσεις εκπέμπονται εκτός από CO_2 και τα αέρια του θερμοκηπίου CH_4 και N_2O καθώς και οι ρύποι που περιλαμβάνουν (NO_x, CO, NMVOCs και SO_2). Οι εκπομπές από αυτά τα αέρια εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του καυσίμου (π.χ. θερμιδική αξία), την τεχνολογία του συστήματος που πραγματοποιείται η καύση, τα συστήματα ελέγχου μόλυνσης και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Επειδή λοιπόν οι εκπομπές των CH_4 και N_2O ο υπολογισμός τους είναι δυσκολότερος.

Σε αντίθεση με το CO_2 οι εκπομπές CH_4 και N_2O από την καύση καυσίμων *βιομάζας* συμπεριλαμβάνονται στις εκπομπές από την καύση ορυκτών καυσίμων.

Οι παραγόμενες *εκπομπές CH_4 και N_2O* από σταθεροποιημένη καύση δίνονται από την εξίσωση:

$$\boxed{E = A \cdot EF \cdot (1 - C/100)} \quad (7)$$

όπου:

E Οι εκπομπές (σε kg)

A Το επίπεδο δραστηριότητας (GJ καιόμενου καυσίμου)

EF Ο συντελεστής εκπομπών (Emission Factor σε kg ρύπου / GJ καιόμενου καυσίμου)

C Αποτελεσματικότητα ελέγχου για οποιοδήποτε εξοπλισμό ελέγχου εκπομπών (ποσοστό επί τοις %)

Προεπιλεγμένες τιμές για τον συντελεστή εκπομπών **EF** παρέχονται από την IPCC.

The Greenhouse Gas Protocol Initiative
The foundation for sound and sustainable climate strategies

User supplied data						GHG emissions (tonnes)			
Sector	Fuel type (e.g., solid fossil)	Fuel	Amount of fuel	Units (e.g., kg or kWh)	Heating value basis	CO_2	CH_4	N_2O	All G (tonn
Energy	Liquid fossil	Motor gasoline	10	litres (l)	Not applicable	0,023	9,835E-07	1,967E-07	

Εικόνα 3.2 – Απεικόνιση του αρχείου Excel του GHG Protocol για τον υπολογισμό των αερίων του θερμοκηπίου από σταθεροποιημένη καύση
[Πηγή: http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools]

[Οι εξισώσεις (1), (2), (3), (4), (5), (6) και (7) που αναλύθηκαν στην ενότητα 3.3.1.1, προέρχονται από την ιστοσελίδα του Πρωτοκόλλου των Αερίων του Θερμοκηπίου (Greenhouse Gas Protocol – GHGP): http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools]

3.3.1.2 Ηλεκτρισμός, Θερμότητα και Ατμός

Το Πρωτόκολλο GHG υπολογίζει επίσης τις έμμεσες εκπομπές CO_2 που αποδίδονται στην κατανάλωση αγορασμένου ηλεκτρισμού, θερμότητας ή ατμού. Ο ηλεκτρισμός, η θερμότητα ή/και ο ατμός παράγονται όταν ορυκτά καύσιμα καίγονται σε μονάδες σταθεροποιημένης καύσης ή όταν άλλες πηγές καυσίμων (π.χ. πυρηνικές, αιολικές, ηλιακές, υδροηλεκτρικές κλπ.) χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που προκύπτουν από την κατανάλωση αγορασμένου ηλεκτρισμού, θερμότητας και ατμού εκπέμπονται από τέτοιου είδους καύσης.

Αυτές οι εκπομπές συμπεριλαμβάνουν CO_2, CH_4 και N_2O. Για τους λόγους όμως που έχουμε ήδη αναφέρει το συγκεκριμένο Πρωτόκολλο δίνει έμφαση στην εκτίμηση του CO_2 και γι’ αυτό δεν αναφέρεται καθόλου στο συγκεκριμένο εδάφιο στα υπόλοιπα αέρια.

Οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που προκύπτουν από την κατανάλωση ηλεκτρισμού, θερμότητας και ατμού που έχει αγοραστεί περιλαμβάνονται στις έμμεσες εκπομπές, διότι ναι μεν αρχικά εκπέμπονται στις εγκαταστάσεις όπου αυτά παράχθηκαν, αλλά εκπομπές παραμένουν ως έμμεση συνέπεια των δραστηριοτήτων του καταναλωτή που τα αγόρασε.

Το GHGP χρησιμοποιεί μια μεθοδολογία βασισμένη σε έναν συντελεστή εκπομπής. Εκτιμά τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου πολλαπλασιάζοντας τα δεδομένα που προκύπτουν από μια ποσοτικοποιημένη μέτρηση μιας δραστηριότητας (όπως είναι η κατανάλωση ηλεκτρισμού) με έναν συντελεστή εκπομπής.

Συγκεκριμένα, η εξίσωση που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό αγορασμένου ηλεκτρισμού, θερμότητας ή/και ατμού είναι:

Δεδομένα Δραστηριότητας x Συντελεστής Εκπομπής = Εκπομπές CO_2 (8)

Τα **Δεδομένα Δραστηριότητας** που συλλέγονται προκειμένου να μετρηθούν οι ζητούμενες εκπομπές αναφέρονται στην ποσότητα του αγορασμένου ηλεκτρισμού, θερμότητας και/ή ατμού που έχει καταναλωθεί. Η κατανάλωση ηλεκτρισμού μετριέται γενικά σε κιλοβατώρες (kWh) ή μεγαβατώρες (MWh). Η κατανάλωση θερμότητας και/ή ατμού μετριέται συχνά σε Btu, Joules, ή pounds τα οποία μετατρέπονται στη συνέχεια σε kWh.

Η προτεινόμενη από το Πρωτόκολλο και σε γενικές γραμμές πιο ακριβής μέθοδος συλλογής των δεδομένων είναι η εξής: Για τον αγορασμένο ηλεκτρισμό αρκούν τα δεδομένα από τους μηνιαίους ηλεκτρικούς λογαριασμούς ή τους αντίστοιχους ηλεκτρικούς μετρητές. Για τη θερμότητα ή τον ατμό, τα απαραίτητα δεδομένα παρέχονται από τις αποδείξεις αγορών ή σχετικά αρχεία.

Οι **Συντελεστές Εκπομπής** ποικίλλουν με την εποχή, την ώρα της ημέρας και τον προμηθευτή. Τίθεται επίσης το θέμα του κατά πόσο πρέπει να χρησιμοποιούνται ακραίες ή μέσες τιμές όταν υπολογίζονται οι εκπομπές του CO_2 που σχετίζονται με τις παραπάνω καταναλώσεις. Το συγκεκριμένο εργαλείο προτείνει την χρήση μέσων τιμών για τον υπολογισμό των έμμεσων εκπομπών. Οι Συντελεστές Εκπομπής βρίσκονται αποθηκευμένοι στο εργαλείο για κάθε περίπτωση και πρέπει να είναι εκφρασμένοι στις ίδιες μονάδες μέτρησης με τα Δεδομένα των Δραστηριοτήτων.

:ocol Initiative
stainable climate strategies

lity information		Consumption data				Emission factor (kg GHG/ KWh)			Emissions		
Country	Region (if available)	Year	Fuel mix	Amount	Units	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2 (tonnes)	CH_4 (kg)	N_2O (k
Greece					kWh						
			Coal								
			Oil								
			Gas								
			All								

Εικόνα 6 – Απεικόνιση του αρχείου Excel του GHG Protocol για τον υπολογισμό των αερίων του θερμοκηπίου από την αγορά ηλεκτρισμού/ θερμότητας/ ατμού
[Πηγή: http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools]

[Η εξίσωση (8) που αναλύθηκε στην ενότητα 3.3.1.2, προέρχονται από την ιστοσελίδα του Πρωτοκόλλου των Αερίων του Θερμοκηπίου (Greenhouse Gas Protocol – GHGP): http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools]

3.3.1.3 Ψύξη και Κλιματισμός

Το GHGP διαθέτει αρχείο για τον υπολογισμό των άμεσων εκπομπών Υδροφθορανθράκων (HFC) σε έργα, των οποίων βασικές λειτουργίες είναι η παραγωγή, η χρήση και η διάθεση εξοπλισμού (κατα)ψύξης και κλιματισμού (air-condition – AC). Οι HFCs έχουν Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη (GWP) για 100ετή χρονικό ορίζοντα μέχρι και 11.700. Ασχολούμαστε λοιπόν με τα αέρια αυτά γιατί οι πιθανές επιπτώσεις των αερίων αυτών στην κλιματική αλλαγή μπορεί να είναι σημαντικές.

Οι συσκευές ψύξης και κλιματισμού έχουν πολλές τελικές χρήσεις, όπως τα ψυγεία/καταψύκτες των νοικοκυριών, τα οικιακά AC, οι αντλίες θέρμανσης, τα κινητά AC, οι ψυχροί χώροι αποθήκευσης, η βιομηχανική διαδικασία ψύξης κ.ά.

Για να υπολογιστούν οι εκπομπές HFC το Πρωτόκολλο χρησιμοποιεί μια *μέθοδος απεικόνισης* προκειμένου να καθοριστεί εάν οι εν λόγω εκπομπές είναι σημαντικές ή όχι. Η μεθοδολογία απεικόνισης βασίζεται σε μια προσέγγιση της IPCC και απαιτεί δεδομένα που περιλαμβάνουν των αριθμό των μονάδων και τον τύπο του ψυκτικού που χρησιμοποιείται, το συνολικό ψυκτικό φορτίο για κάθε είδος εξοπλισμού, και τον ετήσιο ρυθμό διαρροής.

Η εξίσωση της *Μεθόδου Απεικόνισης* που δίνει τις εκπομπές ισοδύναμου CO_2 από συστήματα ψύξης και κλιματισμού είναι η:

$$\boxed{Ε = ΕΣ + ΕΛ + ΕΔ} \quad (9)$$

όπου:

Ε Οι εκπομπές ισοδύναμων CO_2 από ψυγεία/AC (σε τόνους)

ΕΣ Οι εκπομπές συναρμολόγησης ή εγκατάστασης

ΕΛ Οι εκπομπές λειτουργίας

ΕΔ Οι εκπομπές διάθεσης

Κάθε ένα από τα μεγέθη της εξίσωσης (9) προκύπτει και από διαφορετική εξίσωση.

Με τον όρο **εκπομπές συναρμολόγησης ΕΣ,** αναφερόμαστε στις εκπομπές που προκύπτουν από τη συναρμολόγηση ή την εγκατάσταση ενός ψυκτικού εξοπλισμού για μια δεδομένη χρονική περίοδο ενδιαφέροντος. Οι εκπομπές αυτές δίνονται από τη σχέση:

$$\mathrm{E\Sigma} = \sum_{i=1}^{m} {}_i\left(N_i \times C_i \times AEF_i \times GWP \times CF\right) \quad (10)$$

όπου:

ΕΣ Οι εκπομπές από τη συναρμολόγηση ή την εγκατάσταση εξοπλισμού ψύξης/AC σε ισοδύναμα CO_2

i Τύπος του εξοπλισμού ψύξης/AC στην εγκατάσταση

N_i Το πλήθος των τύπων εξοπλισμού i που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση

C_i Το αρχικό ψυκτικό φορτίο σε κάθε τύπο εξοπλισμού i (kg)

AEF_i Ο συντελεστής διαρροής από τη συναρμολόγηση του εξοπλισμού τύπου i

GWP Το Δυναμικό Υπερθέρμανσης του πλανήτη για 100 χρόνια του ψυκτικού που χρησιμοποιείται στον εξοπλισμό τύπου i

CF Conversion Factor – Συντελεστής Μετατροπής: αναφέρεται σε τόνους ανά κιλά = 1 τόνος/1000 kg

m Το πλήθος των διαφορετικών τύπων εξοπλισμού που παράγονται

Παρατηρούμε ότι οι ΕΣ προκύπτουν από το άθροισμα όλων των εκπομπών που οφείλονται σε διαρροές λόγω συναρμολόγησης (ή εγκατάστασης) κάποιων ψυκτικών εξοπλισμών.

Με τον όρο **εκπομπές λειτουργίας ΕΛ,** αναφερόμαστε στις εκπομπές που προκύπτουν από τη χρήση ενός ψυκτικού εξοπλισμού για μια δεδομένη χρονική περίοδο ενδιαφέροντος. Οι εκπομπές αυτές δίνονται από τη σχέση:

$$\mathrm{E\Lambda} = \sum_{i=1}^{m} {}_i\left(N_i \times C_i \times ALR_i \times GWP \times CF\right) \quad (11)$$

όπου:

ΕΛ Οι εκπομπές από τη χρήση εξοπλισμού ψύξης/AC, εκφρασμένες σε ισοδύναμα CO_2

ALR_i Η ετήσια διαρροή από τον εξοπλισμό τύπου i (εκφρασμένη σε ποσοστό %).

Τα υπόλοιπα μεγέθη είναι ίδια με αυτά της Εξίσωσης (10).

Εάν η περίοδος αναφοράς είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη του ενός έτους, είναι απαραίτητη μία διόρθωση που θα το προσαρμόσει. Για παράδειγμα, αν η περίοδος αναφοράς είναι δύο χρόνια, η εξίσωση θα πολλαπλασιαστεί επί 2

Παρατηρούμε ότι οι ΕΛ προκύπτουν από το άθροισμα όλων των εκπομπών που οφείλονται σε διαρροές λόγω χρήσης κάποιων ψυκτικών εξοπλισμών.

Με τον όρο **εκπομπές διάθεσης ΕΔ,** αναφερόμαστε στις εκπομπές που προκύπτουν από τη διάθεση ενός ψυκτικού εξοπλισμού για μια δεδομένη χρονική περίοδο ενδιαφέροντος. Οι εκπομπές αυτές δίνονται από τη σχέση:

$$\mathrm{E\Delta} = \left(\sum_{i=1}^{m} {}_i \left((N_i \times C_i) \times (1 - ALR_i \times S_i) \times (1 - R) - D_i \right) \right) \times GWP \times CF \quad (12)$$

όπου:

ΕΔ Οι εκπομπές που προκύπτουν από τη διάθεση εξοπλισμού ψύξης/AC εκφρασμένες σε ισοδύναμα CO_2

S_i Χρόνος από το τελευταίο γέμισμα του εξοπλισμού τύπου i (σε χρόνια)

R_i Η ποσότητα του γεμίσματος που έχει ανακυκλωθεί (%)

D_i Η ποσότητα του ψυκτικού που έχει καταστραφεί

Τα υπόλοιπα μεγέθη είναι ίδια με αυτά των Εξισώσεων (10) και (11).

Για τον υπολογισμό της μεθόδου το GHGP χρησιμοποιεί δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Η μία βασίζεται στην ποσότητα ψυκτικού που έχει καταναλωθεί – πουληθεί στο χρονικό διάστημα που γίνονται οι μετρήσεις, και η άλλη βασίζεται στο στάδιο ζωής του ψυκτικού υγρού μέσα στον ψυκτικό εξοπλισμό.

→ ***Προσέγγιση συναρτήσει των Πωλήσεων***

Η προσέγγιση αυτή προτείνεται για κατασκευαστές εξοπλισμού και χρήστες που επισκευάζουν μόνοι τους τον εξοπλισμό τους. Λειτουργεί με τον εντοπισμό της ποσότητας του ψυκτικού που χρησιμοποιείται και τη συστηματική καταμέτρηση των χρήσεων του ψυκτικού που δεν σχετίζονται με εκπομπές. Το ψυκτικό που έχει χρησιμοποιηθεί αλλά δεν μπορεί να υπολογιστεί θεωρείται ότι έχει ελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα.

Η εξίσωση λοιπόν με την οποία υπολογίζουμε τις εκπομπές ισοδύναμου CO_2 από συστήματα ψύξης/AC για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (συνήθως έτος) είναι:

$$\boxed{E = (D + P - S - C) \times GWP \times CF} \quad (13)$$

όπου:

E Οι εκπομπές από ψυκτικό/AC εξοπλισμό σε ένα έτος εκφρασμένες σε ισοδύναμο CO_2 (σε τόνους)

D Η μείωση στην Απογραφή: Είναι η διαφορά ανάμεσα στην ποσότητα του ψυκτικού που είναι αποθηκευμένο στην αρχή του έτους και την ίδιας ποσότητας στο τέλος του έτους. Η ποσότητα αυτή θα είναι αρνητική εάν η απογραφή αυξάνεται κατά τη διάρκεια της χρονιάς.

P Η Αγορά/Απόκτηση ψυκτικού: Είναι το άθροισμα όλων των ψυκτικών που αποκτώνται από άλλες οντότητες κατά τη διάρκεια της χρονιάς. Αυτό περιλαμβάνει τα ψυκτικά που αποκτώνται είτε σε δοχεία αποθήκευσης ή εξοπλισμό.

S Οι Πωλήσεις/Πληρωμές Ψυκτικών: Είναι το άθροισμα όλων των ψυκτικών που πουλιούνται ή πληρώνονται είτε άλλες οντότητες κατά τη διάρκεια της χρονιάς είτε σε δοχεία αποθήκευσης και εξοπλισμούς.

C Η Αύξηση στο Συνολικό Πλήρες Φορτίο του Εξοπλισμού: Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό εκπομπών που προκύπτουν από τη χρήση εξοπλισμού αλλά όχι από την κατασκευή του.

Τα υπόλοιπα μεγέθη είναι ίδια με τις εξισώσεις (10), (11) και (12).

Το **Συνολικό Πλήρες Φορτίο C** αναφέρεται στο κατάλληλο πλήρες γέμισμα του εξοπλισμού και όχι στο πραγματικό γέμισμα που μπορεί να δείχνει τη διαρροή. Σε περίπτωση που αγοραστεί καινούριος εξοπλισμός, το ψυκτικό που χρησιμοποιείται για να γεμίσει τον καινούριο εξοπλισμό δεν πρέπει να περιλαμβάνεται στις εκπομπές. Εάν η ποσότητα του ψυκτικού που ανακτάται από έναν εξοπλισμό που αποσύρεται είναι μικρότερη από την πλήρη φόρτιση, τότε η

διαφορά ανάμεσα στην πλήρη φόρτιση και την ανακτημένη ποσότητα έχει εκπεμφθεί. Το μέγεθος αυτό είναι αρνητικό σε περίπτωση που ο εξοπλισμός που αποσύρεται έχει συνολικό πλήρες φορτίο μεγαλύτερο από αυτό ενός καινούριου εξοπλισμού.

→ ***Προσέγγιση με βάση το στάδιο του κύκλου ζωής***

Η προσέγγιση αυτή προτείνεται για χρήστες εξοπλισμού που έχουν εργολάβους για την επισκευή του εξοπλισμού τους. Η μέθοδος αυτή απαιτεί πληροφορίες για την ποσότητα του ψυκτικού που χρησιμοποιείται προκειμένου να γεμίσει καινούριος εξοπλισμός κατά τη διάρκεια την εγκατάστασης, την ποσότητα του ψυκτικού που χρησιμοποιείται για να επισκευαστεί ο εξοπλισμός, την ποσότητα του ψυκτικού που ανακτάται από τον εξοπλισμό που αποσύρεται και το συνολικό πλήρες φορτίο του νέου και του αποσυρόμενου εξοπλισμού.

Η εξίσωση με την οποία υπολογίζουμε τις εκπομπές ισοδύναμου CO_2 από συστήματα ψύξης/AC σε αυτή την περίπτωση είναι:

$$\boxed{E = (IE + S + DE) \times GWP \times CF} \quad (14)$$

όπου:

E Οι εκπομπές από ψυκτικό/AC εξοπλισμό σε ισοδύναμο CO_2 (σε τόνους)

IE Οι εκπομπές κατά την εγκατάσταση (ψυκτικό που χρησιμοποιείται για το γέμισμα καινούριου εξοπλισμού). Ο όρος αυτός παραλείπεται όταν ο εξοπλισμός έχει γεμιστεί από τον κατασκευαστή.

S Η ποσότητα του ψυκτικού που χρησιμοποιείται για την επισκευή του εξοπλισμού

DE Οι εκπομπές διάθεσης (Συνολικό Πλήρες Φορτίο του εξοπλισμού που αποσύρεται – ψυκτικό που ανακτάται από εξοπλισμό που αποσύρεται)

Τα υπόλοιπα μεγέθη είναι ίδια με τις υπόλοιπες εξισώσεις

[Οι εξισώσεις (9), (10), (11), (12), (13) και (14) που αναλύθηκαν στην ενότητα 3.3.1.3, προέρχονται από την ιστοσελίδα του Πρωτοκόλλου των Αερίων του Θερμοκηπίου (Greenhouse Gas Protocol – GHGP): http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools]

Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζονται ο χρόνος ζωής ενός εξοπλισμού ψύξης/κλιματισμού, η ποσότητα ψυκτικού που απαιτείται για το γέμισμα του καθώς και κάποιες προεπιλεγμένες τιμές συντελεστών εκπομπής που χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο Πρωτόκολλο:

Εφαρμογή	Χρόνος ζωής (χρόνια)	Ψυκτικό Φορτίο (kg)	Συντελεστές Εκπομπής (% του αρχικού γεμίσματος/χρόνο)		
			Συναρμολόγηση	Ετήσιος Ρυθμός Διαρροής	Απόδοση Ανακύκλωσης
Οικιακή Ψύξη	12 – 15	0,05 – 0,5	0,2 – 1%	0,1 – 0,5%	70% αυτών που έμειναν
Αυτόνομες Εμπορικές Εφαρμογές	8 – 12	0,2 – 6	0,5 – 3%	1 – 10%	70 – 80% αυτών που έμειναν
Μεσαία Και Μεγάλη Εμπορική Ψύξη	7 – 10	50 – 2000	0,5 – 3%	10 – 30%	80 – 90% αυτών που έμειναν
Ψύξη Μεταφορών	6 – 9	3 – 8	0,2 – 1%	15 – 50%	70 – 80% αυτών που έμειναν
Βιομηχανική Ψύξη (περιλαμβάνει Επεξεργασία Τροφίμων και Ψυχρή Αποθήκευση)	10 – 20	10 – 10000	0,5 – 3%	7 – 25%	80 – 90% αυτών που έμειναν
Οικιακά και Εμπορικά A/C, Συμπεριλαμβανομένων Αντλιών Θέρμανσης	10 – 15	0,5 – 100	0,1 – 1%	1 – 5%	70 – 80% αυτών που έμειναν
Κινητά A/C	12	Δεν παρέχεται	0,5%	10 – 20%	0%

Πίνακας 3.2 – Προεπιλεγμένες υποθέσεις από την IPCC για εξοπλισμούς ψύξης και κλιματισμού [Πηγή: IPCC for National Greenhouse Gas Inventories]

3.3.1.4 Αλουμίνιο

Το αργίλιο ή αλουμίνιο (Al) είναι το πιο άφθονο μέταλλο στο φλοιό της Γης και το τρίτο πιο άφθονο χημικό στοιχείο συνολικά στον πλανήτη μας. Είναι πολύ δραστικό χημικά και δεν βρίσκεται στη φύση ως ελεύθερο μέταλλο αλλά βρίσκεται ενωμένο σε πάνω από 270 ορυκτά. Η κύρια πηγή για τη βιομηχανική παραγωγή του μετάλλου είναι ο βωξίτης.

Όταν το αλουμίνιο εκτίθεται στην ατμόσφαιρα σχηματίζει στιγμιαία ένα λεπτό επιφανειακό, μη ορατό στρώμα οξειδίου, που εμποδίζει τη διάβρωση του. Επίσης έχει χαμηλό ειδικό βάρος, υψηλή αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις, καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα, είναι αρκετά μαλακό και όλκιμο. Παρουσιάζει μεγάλη ικανότητα να δημιουργεί κράματα, όπου μάλιστα με την προσθήκη σιδήρου, χαλκού και άλλων κραματικών στοιχείων βελτιώνονται κατά πολύ οι μηχανικές του ιδιότητες. Υφίσταται εύκολα κατεργασία με χύτευση και με αφαίρεση υλικού. Για όλους αυτούς τους λόγους έχει γίνει ένα εξαιρετικά χρήσιμο υλικό για τη βιομηχανία, τόσο αυτούσιο ως καταλύτης, όσο και με τη μορφή διαφόρων ενώσεων του.

Πάνω από 60.000 εταιρίες παγκοσμίως δραστηριοποιούνται στους ποικίλους τομείς του συστήματος. Και επειδή με την παραγωγή του αλουμινίου εκπέμπονται σημαντικές ιδιότητες CO_2, το συγκεκριμένο Πρωτόκολλο έχει θεσπίσει οδηγίες για τον ακριβή υπολογισμό των εκπομπών. Όμως πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση του Πρωτοκόλλου γα τη συγκεκριμένη περίπτωση, θα αναπτύξουμε σύντομα τη διαδικασία παραγωγής του αλουμινίου προκειμένου να είναι πιο σαφή τα στάδια στα οποία εκπέμπεται CO_2. Η διαδικασία λοιπόν είναι:

Πρώτα ο βωξίτης εξορύσσεται από το κοίτασμα και εκπλύνεται, θρυμματίζεται και διαλύεται σε πυκνό διάλυμα καυστικού νατρίου σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Με αυτό τον τρόπο, οι προσμίξεις του βωξίτη απομακρύνονται και παραμένει στο διάλυμα το καυστικό νάτριο με το οξείδιο του αργιλίου (αλουμίνα). Στη συνέχεια απομακρύνεται και το καυστικό νάτριο και παραμένει μόνο το ένυδρο οξείδιο του αργιλίου, το οποίο πυρώνεται στους 1100° C έτσι ώστε να απομακρυνθεί το νερό.

Μετά ακολουθεί η ηλεκτρόλυση. Το οξείδιο του αργιλίου διαλύεται σε τήγμα κρυολίθου, το οποίο βρίσκεται σε ηλεκτρολυτική λεκάνη με άνοδο ηλεκτρόδιο άνθρακα και κάθοδο την επένδυση της λεκάνης από ανθεκτικό μέταλλο. Στη συνέχεια διαβιβάζεται μέσα από αυτό συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα χαμηλής τάσης αλλά εξαιρετικά υψηλής έντασης. Το τηγμένο αλουμίνιο συλλέγεται από το βυθό της λεκάνης. Το παραγόμενο κατά την ηλεκτρόλυση οξυγόνο κατευθύνεται προς την άνοδο από άνθρακα. Ταυτόχρονα, παράγεται και φθόριο προερχόμενο από τον κρυόλιθο, το

οποίο συλλέγεται και κατευθυνόμενο σε ειδική μονάδα ανακυκλώνεται, ώστε να μην καταλήξει στην ατμόσφαιρα. Το μέταλλο που παράγεται με τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης της αλουμίνας, είτε σαν καθαρό αλουμίνιο είτε σαν κράμα αλουμινίου ονομάζεται *Πρωτόχυτο Αλουμίνιο*.

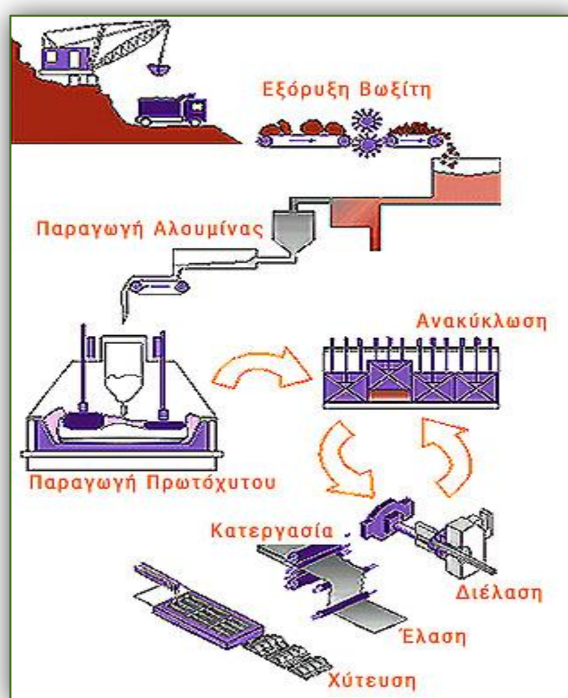
Μία άλλη πηγή αλουμινίου είναι η επανάτηξη και επαναχύτευση κομματιών που ήδη έχουν χρησιμοποιηθεί. Το αλουμίνιο που παράγεται από την επανάτηξη ονομάζεται *Δευτερόχυτο Αλουμίνιο*. Το συγκεκριμένο Πρωτόκολλο παρέχει οδηγίες υπολογισμού μόνο του Πρωτόχυτου Αλουμινίου.

Η μεγαλύτερη ποσότητα CO_2 εκπέμπεται από την ηλεκτρολυτική αντίδραση. Επίσης, CO_2 εκπέμπεται και κατά τη διαδικασία που το από το μετάλλευμα βωξίτη προκύπτει η αλουμίνα.

Η ηλεκτρόλυση είναι μια διεργασία η οποία είναι εξαιρετικά ηλεκτροβόρα. Ένα τυπικό εργοστάσιο παραγωγής αλουμινίου καταναλώνει ρεύμα όσο μια μικρή πόλη. Γι' αυτό το λόγο, τα περισσότερα εργοστάσια είτε παράγουν επιτόπου την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν είτε συνδέονται με παραπάνω από μία πηγές ενέργειας.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την τήξη του αλουμινίου: η Μέθοδος Χωνευτηρίων και η Μέθοδος Söderberg. Περαιτέρω ανάλυση των μεθόδων ξεφεύγει από τα όρια της παρούσας εργασίας γι' αυτό και παραλείπεται. Ωστόσο, το GHGP ορίζει τρόπου υπολογισμού των εκπομπών και από τις δύο μεθόδους.

Συνοπτικά τα στάδια παραγωγής του αλουμινίου παρουσιάζονται στην εικόνα 3.3:



Εικόνα 3.3 – Στάδια παραγωγής αλουμινίου [Πηγή: http://www.atem-oe.gr/]

Το Πρωτόκολλο δίνει οδηγίες για τον υπολογισμό των άμεσων εκπομπών CO_2 από την παραγωγή του αλουμινίου σε τρεις βαθμίδες:

- Βαθμίδα 1: Η μέθοδος αυτής της βαθμίδας πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο για περιόδους που τα μόνα διαθέσιμα δεδομένα για τη διαδικασία είναι τα επίπεδα παραγωγής και η τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Οι συντελεστές εκπομπών προκύπτουν από την τεχνολογία παραγωγής. Ο συντελεστής εκπομπών για τη Χωνευτήρια Μέθοδο είναι 1,6 (τόνοι CO_2 ανά τόνο αλουμινίου), ενώ για τη Μέθοδο Söderberg είναι 1,7 (τόνοι CO_2 ανά τόνο αλουμινίου).
- Βαθμίδα 2: Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των άμεσων εκπομπών CO_2 και βασίζεται στον υπολογισμό των συγκεκριμένων εκπομπών σε κάθε βήμα της διαδικασίας.
- Βαθμίδα 3: Οι εξισώσεις είναι ίδιες με αυτές της Βαθμίδας 2 αλλά οι παράμετροι αυτών των εξισώσεων μπορεί να προέρχονται από μετρήσεις της εταιρίας για την εγκατάσταση.

→ ***Χωνευτήρια Μέθοδος***

Χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο οι *εκπομπές CO_2* που προκύπτουν *από την κατανάλωση ανοδίου* κατά τη διάρκεια της ηλεκτρόλυσης δίνονται από την εξίσωση:

$$E_{CO2} = \left[MP \times NAC \times \left(\frac{100 - S_a - Ash_a}{100} \right) \right] \times 44/12 \quad (15)$$

όπου:

E_{CO2} Οι εκπομπές CO_2 (σε τόνους ανά έτος)
MP Η συνολική παραγωγή μετάλλου (σε τόνους αλουμινίου ανά έτος)
NAC Η συνολική κατανάλωση ανοδίου (σε τόνους ανά τόνο αλουμινίου)
S_a Η περιεκτικότητα του θείου στα ανόδια που έχουν καεί
Ash_a Η περιεκτικότητα της τέφρας στα ανόδια που έχουν καεί
44/12 Η μοριακή μάζα του CO_2 προς τον ατομικό αριθμό του C

Η συνολική παραγωγή μετάλλου **MP** και η συνολική κατανάλωση ανοδίου **NAC**, παίρνουν διαφορετικές τιμές ανάλογα με το αν οι υπολογισμοί αφορούν τη βαθμίδα 2 ή τη Βαθμίδα 3. Οι τιμές αυτές καθορίζονται από τις εκάστοτε μεμονωμένες εγκαταστάσεις. Όσον αφορά την περιεκτικότητα του θείου στα ανόδια $\mathbf{S_a}$ για τη Βαθμίδα 2 παίρνει την τυπική βιομηχανική τιμή 2%, ενώ για τη Βαθμίδα 3 η τιμή εξαρτάται από την εγκατάσταση. Τέλος, η περιεκτικότητα της τέφρας στα ανόδια

Ash_a είναι για τη Βαθμίδα 2 ίση με 0,4%, ενώ η τιμή της για τη Βαθμίδα 3 εξαρτάται από την εγκατάσταση.

Οι <u>εκπομπές CO_2</u> που προκύπτουν <u>από την καύση πτητικής πίσσας</u> υπολογίζονται με την εξίσωση:

$$E_{CO2} = \left[GA - \left(\frac{H_w \times GA}{100} \right) - BA - WT \right] \times 44/12 \quad (16)$$

όπου:

E_{CO2} Οι εκπομπές CO_2 (σε τόνους ανά έτος)

GA Το βάρος των πράσινων ανοδίων που έχουν γομωθεί

BA Η παραγωγή ανοδίων που έχουν καεί (σε τόνους καμένου ανοδίου ανά έτος)

H_w Η περιεκτικότητα των πράσινων ανοδίων σε υδρογόνο (H)

WT Τα υπολείμματα της πίσσας που συλλέγονται (σε τόνους). Μια τυπική τιμή για τη μέθοδο της Βαθμίδας 2 είναι το 0,5

44/12 Η μοριακή μάζα του CO_2 προς τον ατομικό αριθμό του C

Το βάρος των πράσινων ανοδίων που έχουν γομωθεί **GA** προκύπτει από τη σχέση $GA = \left(\frac{GAW}{BAW} \right) \times BA$, όπου GAW είναι το βάρος των πράσινων ανοδίων (σε τόνους) και BAW το βάρος των ανοδίων που έχουν καεί (σε τόνους)

Στην εξίσωση αυτή, τα μεγέθη **GAW, BAW, BA, H_w** και **WT** παίρνουν διαφορετικές τιμές ανάλογα με την εγκατάσταση στην οποία πραγματοποιείται η διαδικασία και το αν οι υπολογισμοί αφορούν τη βαθμίδα 2 ή τη Βαθμίδα 3.

Οι <u>εκπομπές CO_2</u> που προκύπτουν <u>από το φόρτωμα κωκ</u> (οπτάνθρακα) προκύπτουν από την εξίσωση:

$$E_{CO2} = \left[PCC \times BA \times \left(\frac{100 - S_{pc} - Ash_{pc}}{100} \right) \right] \times 44/12 \quad (17)$$

όπου:

E_{CO2} Οι εκπομπές CO_2 (σε τόνους ανά έτος)

PCC Η κατανάλωση του κωκ που φορτώνεται (σε τόνους ανά τόνο καιόμενου ανοδίου).

S_{pc} Η περιεκτικότητα του κωκ που φορτώνεται σε θείο (%).

Ash_{pc} Η περιεκτικότητα τέφρας στο κωκ που έχει φορτωθεί (%).

Τα υπόλοιπα μεγέθη είναι ίδια με αυτά της εξίσωσης (16).

Στην εξίσωση αυτή, για τη Βαθμίδα 2, η κατανάλωση του κωκ **PCC** παίρνει την τιμή 0,015, η περιεκτικότητα του κωκ $\mathbf{S_{pc}}$ την τιμή 2% και η περιεκτικότητα της τέφρας σε κωκ $\mathbf{Ash_{pc}}$ την τιμή 2,5%. Για τη Βαθμίδα 3 παίρνουν διαφορετικές τιμές ανάλογα με την εγκατάσταση στην οποία πραγματοποιείται η διαδικασία.

→ ***Μέθοδος Söderberg***

Όταν χρησιμοποιούμε τη μέθοδο Söderberg, οι άμεσες <u>*εκπομπές CO_2*</u> που προκύπτουν δίνονται από την εξίσωση (18):

$$E_{CO2}=\left[\begin{array}{l}(MP\times PC)-\left(\dfrac{CSM\times MP}{1000}\right)-\left[\dfrac{BC}{100}\times PC\times MP\times\left(\dfrac{S_P+Ash_P+H_P}{100}\right)\right]-\\ -\left[\left(\dfrac{100-BC}{100}\right)\times PC\times MP\times\left(\dfrac{S_C+Ash_C}{100}\right)-(MP\times CD)\right]\end{array}\right]\times 44/12$$

όπου:

E_{CO2} Οι εκπομπές CO_2 (σε τόνους ανά έτος)

MP Η συνολική παραγωγή μετάλλου (σε τόνους αλουμινίου ανά έτος)

PC Η κατανάλωση κόλλας (σε τόνους αλουμινίου ανά έτος)

CSM Οι εκπομπές από τις διαλυτές ύλες κυκλοεξανίου (σε kg ανά τόνο αλουμινίου)

BC Η περιεκτικότητα του τυπικού συνδετικού υλικού στην κόλλα (%)

S_P Η περιεκτικότητα θείου στην πίσσα (%)

Ash_P Η περιεκτικότητα τέφρας στην πίσσα (%)

H_P Η περιεκτικότητα υδρογόνου στην πίσσα (%)

S_C Η περιεκτικότητα θείου στο πυρωμένο κωκ (%)

Ash_C Η περιεκτικότητα τέφρας στο πυρωμένο κωκ (%)

CD Ο άνθρακας που περιέχεται σε σκόνη στα κελιά Söderberg (σε τόνους άνθρακα ανά τόνο αλουμινίου)

Στην εξίσωση (18) όλες οι τιμές που παίρνουν οι συντελεστές για τη Βαθμίδα 3 εξαρτώνται από την εγκατάσταση στην οποία λαμβάνει χώρα η μέθοδος. Για τη Βαθμίδα 2, μόνο οι συντελεστές **MP** και **PC** παίρνουν τιμές ανάλογα με την εγκατάσταση, ενώ οι υπόλοιποι συντελεστές παίρνουν καθορισμένες τιμές. Αυτές οι τιμές συγκεκριμένα είναι: για τις εκπομπές από τις διαλυτές ύλες κυκλοεξανίου **CSM**

είναι 4 ή 0,5 (ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται), για την περιεκτικότητα του τυπικού συνδετικού υλικού στην κόλλα **BC** είναι 24 ή 27 (ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται), για την περιεκτικότητα θείου στην πίσσα $\mathbf{S_P}$ είναι 0,6%, για την περιεκτικότητα τέφρας στην πίσσα $\mathbf{Ash_P}$ είναι 0,2%, για την περιεκτικότητα υδρογόνου στην πίσσα $\mathbf{H_P}$ είναι 3,3%, για την περιεκτικότητα θείου στο πυρωμένο κωκ $\mathbf{S_C}$ είναι 1,9%, για την περιεκτικότητα τέφρας στο πυρωμένο κωκ $\mathbf{Ash_C}$ είναι 0,2% και για τον άνθρακα που περιέχεται σε σκόνη στα κελιά Söderberg **CD** είναι 0,01.

Το GHGP υπολογίζει επίσης τις εκπομπές CO_2 που βασίζονται στις *<u>αγορές πρώτων υλών</u>*, με την εξίσωση (19):

$$E_{CO2} = \left[\left(\frac{TPC \times PC}{100} \right) + \left(\frac{Coke \times CC}{100} \right) + \left(\frac{TPCC \times PCC}{100} \right) - TWC + \left(\frac{PA \times PAC}{100} \right) - \left(\frac{SA \times SAC}{100} \right) \right] \times 44/12$$

όπου:

E_{CO2} Οι εκπομπές CO_2 (σε τόνους ανά έτος)

TPC Η συνολική πίσσα που καταναλώνεται (σε τόνους πίσσας ανά έτος)

PC Η περιεκτικότητα της πίσσας σε άνθρακα (%)

Coke Το συνολικό κωκ που καταναλώθηκε (σε τόνους κωκ ανά έτος)

CC Η περιεκτικότητα του κωκ σε άνθρακα (%)

TPCC Η συνολική κατανάλωση του κωκ που φορτώθηκε (σε τόνους φορτωμένου κωκ ανά έτος)

PCC Η περιεκτικότητα του φορτωμένου κωκ σε άνθρακα (%)

TWC Συνολικά υπό-προϊόντα άνθρακα ή απόβλητα (σε τόνους άνθρακα ανά έτος)

PA Η συνολική μάζα των ανοδίων που αγοράστηκαν (σε τόνους αγορασμένων ανοδίων ανά έτος)

PAC Η περιεκτικότητα σε άνθρακα των αγορασμένων ανοδίων (%)

SA Η συνολική μάζα των ανοδίων που έχουν πωληθεί (σε τόνους ανοδίων που έχουν πωληθεί ανά έτος

SAC Η περιεκτικότητα σε άνθρακα των ανοδίων που έχουν πουληθεί (%)

44/12 Η μοριακή μάζα του CO_2 προς τον ατομικό αριθμό του C

Τέλος, οι *εκπομπές του CO_2* που προκύπτουν από *τη χρήση καυστική σόδας* υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$E_{CO2} = Q_{soda_ash} \times P_{soda_ash} \times {}^{44}\!/_{106} \quad (20)$$

όπου:

E_{CO2} Οι εκπομπές CO_2 (σε τόνους ανά έτος)

Q_{soda_ash} Η ποσότητα της καυστικής σόδας (Na_2CO_3) που καταναλώθηκε (σε τόνους καυστικής σόδας ανά έτος)

P_{soda_ash} Η καθαρότητα της καυστικής σόδας (Na_2CO_3) που καταναλώθηκε (δεκαδικό κλάσμα). Τυπική τιμή για τη Βαθμίδα 2 είναι το 0,95.

44/106 Ο λόγος της μοριακής μάζας του CO_2 προς τη μοριακή μάζα του Na_2CO_3 (αδιάστατο)

Part A. Electrolysis Carbon Dioxide Emissions from Prebake Cells

	A	B	C		D
	Weight of aluminium produced	Net anode consumption	Baked anode impurities		CO_2 Emissions
			Sulphur	Ash	
Units	(t Al)	(t anode/t of Al)	(weight percent)		(t CO_2)
Ex: with Industry Typical Values	1000	0,42	2,0%	0,4%	1503
Potline 1 Period 1					0
Potline 1 Period 2					0
Potline 1 Period 3					0
Potline 1 Period 4					0
Potline 2 Period 1					0
Potline 2 Period 2					0
Potline 2 Period 3					0
Potline 2 Period 4					0
Potline 3 Period 1					0
Potline 3 Period 2					0
Potline 3 Period 3					0
Potline 3 Period 4					0
	0	Total of Column D =			0

Εικόνα 3.4 – Απεικόνιση του αρχείου Excel του GHG Protocol για τον υπολογισμό των αερίων του θερμοκηπίου από την παραγωγή αλουμινίου
[Πηγή: http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools]

[Οι εξισώσεις (15), (16), (17), (18), (19) και (20) προέρχονται από την ιστοσελίδα του Πρωτοκόλλου των Αερίων του Θερμοκηπίου (Greenhouse Gas Protocol – GHGP): http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools]

3.3.1.5 Ασβέστης

Ο ασβέστης χρησιμοποιείται ευρέως σε μια ποικιλία βιομηχανικών, χημικών και περιβαλλοντικών εφαρμογών. Μεγάλη κατανάλωση απορρέει από την κατασκευή χάλυβα (ατσαλιού), την αποθείωση αερίων σωλήνων σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν καιόμενο κάρβουνο, τις κατασκευές , την παραγωγή χαρτοπολτού και χαρτιού και τον καθαρισμό του νερού.

Ο ασβέστης παράγεται σε δύο ή τρία στάδια: προετοιμασία των πετρωμάτων, ασβεστοποίηση και ενυδάτωση. Η ασβεστοποίηση είναι η διαδικασία που παρουσιάζεται με τη χημική αντίδραση:



$$CaCO_3 + \text{θερμότητα} \rightarrow CaO + CO_2 \uparrow$$

Συγκεκριμένα τα ανθρακικά πετρώματα ($CaCO_3$) θερμαίνονται σε μία κάμινο και παράγεται άνυδρη άσβεστος (CaO). Το CO_2 είναι προϊόν αυτής της αντίδρασης και συνήθως εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα.

Το GHGP προσφέρει δύο προσεγγίσεις για τον υπολογισμό των εκπομπών CO_2 από την παραγωγή ασβέστη που εφαρμόζονται ανάλογα με τα δεδομένα που έχουμε.

→ **<u>Προσέγγιση 1</u>**

Η συγκεκριμένη μέθοδος εκτιμά τις εκπομπές χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που διαθέτουμε από την παραγωγή. Οι εκτιμήσεις βασίζονται στους τύπους του ασβέστη που παράγονται χρησιμοποιώντας την περιεκτικότητα σε CaO ή Cao·MgO και τη στοιχειομετρική αναλογία καθενός.

Οι *<u>εκπομπές CO_2</u>* που προκύπτουν από την παραγωγή ασβέστη χρησιμοποιώντας την στοιχειομετρική αναλογία του *<u>τύπου ασβέστη</u>* που παράγεται, υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$E_{CO2} = [Q_i \times SR_i \times CaO_i] \times [1 - H_i \times H_2O_i] \times CF \quad (21)$$

όπου:

E_{CO2} Οι εκπομπές CO_2 (σε τόνους)

Q_i Η ποσότητα του ασβέστη τύπου i που παράγεται (σε τόνους)

SR_i Η στοιχειομετρική αναλογία του τύπου ασβέστη i (κλάσμα)

CaO_i Η περιεκτικότητα του ασβέστη τύπου i σε CaO Cao·MgO (κλάσμα)

H_i Η αναλογία ενυδατωμένου ασβέστη σε ασβέστη τύπου i (κλάσμα)

H_2O_i Η περιεκτικότητα σε νερό του ενυδατωμένου ασβέστη για ασβέστη τύπου i

CF Ο συντελεστής διόρθωσης για τη σκόνη ασβέστη στην κάμινο

→ **<u>Προσέγγιση 2</u>**

Η συγκεκριμένη μέθοδος εκτιμά τις εκπομπές του CO_2 χρησιμοποιώντας δεδομένα για τη σύνθεση σε ανθρακικό άλας των πρώτων υλών που μπαίνουν στην κάμινο του ασβέστη. Οι εκτιμήσεις βασίζονται στους τύπους των ανθρακικών αλάτων που χρησιμοποιούνται. Η μέθοδος αυτή απαιτεί πιο συγκεκριμένα δεδομένα από την Προσέγγιση 1 και οδηγεί σε πιο ακριβείς εκτιμήσεις των εκπομπών του CO_2

Οι *<u>εκπομπές CO_2</u>* που προκύπτουν από την παραγωγή ασβέστη χρησιμοποιώντας την στοιχειομετρική αναλογία των πρώτων υλών, υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$E_{CO2} = \sum_i \left(EF_i \times M_i \times F_i\right) - M_d \times C_d \times \left(1 - F_d\right) \times EF_d \quad (22)$$

όπου:

E_{CO2} Οι εκπομπές CO_2 από την παραγωγή ασβέστη (σε τόνους)

EF_i Ο συντελεστής εκπομπών για ανθρακικό άλας τύπου i (σε τόνους CO_2 ανά τόνο ανθρακικού άλατος)

M_i Το βάρος ή η μάζα του ανθρακικού άλατος τύπου i που χρησιμοποιήθηκε (σε τόνους)

F_i Το κλάσμα ασβεστοποίησης που επιτυγχάνεται για ανθρακικό άλας τύπου i (κλάσμα)

M_d Το βάρος ή η μάζα της σκόνης ασβέστη στην κάμινο (σε τόνους)

C_d Το κλάσμα βάρους του καθαρού ανθρακικού άλατος στη σκόνη ασβέστη στην κάμινο (κλάσμα)

F_d Το κλάσμα ασβεστοποίησης που επιτεύχθηκε για τη σκόνη ασβέστη στην κάμινο (κλάσμα)

EF_d Ο συντελεστής εκπομπών για το μη ασβεστοποιημένο ανθρακικό άλας στη σκόνη ασβέστη στην κάμινο (σε τόνους CO_2 ανά τόνο ανθρακικού άλατος)

User entry required
Non-editable cells

default values are listed at the bottom of this page

Unit	Lime type	Lime properties: Amount produced (tonnes)	CaO / CaO-MgO content (fraction)	Stoichiometric ratio (fraction)	Correction for hydrated lime: Proportion of hydrated lime produced (fraction)	Water content of hydrated lime (fraction)	Correction for Lime Kiln Dust (LKD)	CO2 emissions (tonnes)
Unit I	High calcium lime	1500	0,95	0,785	0,1	0,28	1,02	1109,04957
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0

Introduction / Approach 1 / Approach 2 / Appendix A / Conversion factors

Εικόνα 3.5 – Απεικόνιση του αρχείου Excel του GHG Protocol για τον υπολογισμό των αερίων του θερμοκηπίου από την παραγωγή ασβέστη
[Πηγή: http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools]

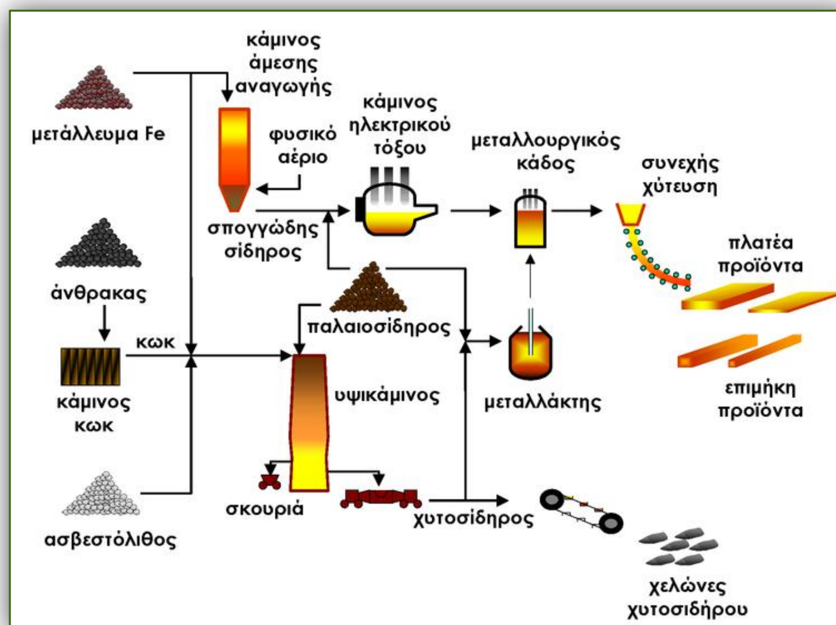
[Οι εξισώσεις (21) και (22) που αναλύθηκαν στην ενότητα 3.3.1.5, προέρχονται από την ιστοσελίδα του Πρωτοκόλλου των Αερίων του Θερμοκηπίου (Greenhouse Gas Protocol – GHGP): http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools]

3.3.1.6 Σίδηρος και Χάλυβας (ατσάλι)

Ο χάλυβας (ή ατσάλι) είναι κράμα σιδήρου – άνθρακα. Ο χάλυβας παράγεται με τρεις βασικές μεθόδους:

- Με αναγωγή σιδηρομεταλλευμάτων σε υψικάμινο για την παραγωγή χυτοσιδήρου, και τη μετατροπή του χυτοσιδήρου σε χάλυβα μέσα σε μεταλλάκτη με εμφύσηση οξυγόνου.
- Με άμεση αναγωγή σιδηρομεταλλευμάτων σε φρεατώδη κάμινο για την παραγωγή του σπογγώδους σιδήρου.
- Με την ανάτηξη παλαιοσιδήρου σε κάμινο ηλεκτρικού τόξου.

Στην εικόνα 3.6 απεικονίζονται τα στάδια παραγωγής χυτοσιδήρου:



Εικόνα 3.6 – Παραγωγή χυτοσιδήρου και ημιτελών προϊόντων χάλυβα [Πηγή: http://www.steel-structures.eu/index.php?n=GrSteel-Composite-Structures.General#Sources]

Οι *εκπομπές CO_2* από την *κατασκευή σιδήρου και ατσαλιού* υπολογίζονται από την εξίσωση (23):

$$E_{CO2} = \left[\begin{array}{l} PC \times C_{PC} + \sum_a (COB_a \times C_a) + CI \times C_{CI} + L \times C_L + D \times C_D + CE \times C_{CE} + \\ + \sum_b (O_b \times C_b) + COG \times C_{COG} - S \times C_S - IP \times C_{IP} - BG \times C_{BG} \end{array} \right] \times \frac{44}{12}$$

όπου:

E_{CO2} Οι εκπομπές CO_2 από την παραγωγή σιδήρου και χάλυβα (σε τόνους)

PC Η ποσότητα του κώκ που καταναλώθηκε στην παραγωγή σιδήρου και άνθρακα (σε τόνους)

$COB_α$ Η ποσότητα του κωκ που προκύπτει από την κάμινο κωκ για το προϊόν α και καταναλώνεται στην υψικάμινο (σε τόνους)

CI Η ποσότητα του γαιάνθρακα που εγχύθηκε απευθείας στην υψικάμινο (σε τόνους)

L Η ποσότητα του ασβεστόλιθου που καταναλώνεται στην παραγωγή σιδήρου και χάλυβα (σε τόνους)

D Η ποσότητα του δολομίτη που καταναλώνεται για την παραγωγή σιδήρου και χάλυβα (σε τόνους)

CE Η ποσότητα των ηλεκτροδίων άνθρακα που καταναλώθηκαν (σε τόνους)

O_b Η ποσότητα άλλων ανθρακούχων και υλικού b, που καταναλώνονται στην παραγωγή σιδήρου και χάλυβα (σε τόνους)

GOG Η ποσότητα του αερίου της καμίνου του κωκ που καταναλώνεται στην υψικάμινο στην παραγωγή σιδήρου και χάλυβα (σε m^3)

S Η ποσότητα του χάλυβα που παράγεται (σε τόνους)

IP Η ποσότητα της παραγωγής σιδήρου που δεν μετατρέπεται σε χάλυβα (σε τόνους)

BG Η ποσότητα του αερίου της υψικαμίνου που μεταφέρεται εκτός του τόπου παραγωγής (σε m^3)

C_x Η περιεκτικότητα σε άνθρακα του υλικού X που εισέρχεται ή εξέρχεται (σε τόνους C ανά μονάδα υλικού X)

Οι εκπομπές από άλλες διαδικασίες, όπως η παραγωγή χαρτοπολτού, χαρτιού κ.ά. για τα οποία το Πρωτόκολλο διαθέτει εργαλεία υπολογισμού, υπολογίζονται με κάποια από τις παραπάνω εξισώσεις, γι' αυτό και δεν αναλύονται περαιτέρω εδώ.

[Οι εξισώσεις που αναλύθηκαν σε αυτή την ενότητα προέρχονται από την ιστοσελίδα του Πρωτοκόλλου των Αερίων του Θερμοκηπίου (Greenhouse Gas Protocol – GHGP): http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools]

3.3.2 Πρόγραμμα Time For Change



Η συγκεκριμένη μεθοδολογία (Ώρα για Αλλαγή – Time For Change, TFC) που θα αναλυθεί εδώ έχει αναπτυχθεί από μία ομάδα ατόμων που ασχολούνται με το αποτύπωμα άνθρακα και έχει ως λογότυπο τη διπλανή εικόνα. Βασίζεται στο Πρωτόκολλο του Κιότο και υπολογίζει τις ποσότητες του CO_2 που παράγονται από την οικιακή θέρμανση, τον οικιακό ηλεκτρισμό και τη χρήση αυτοκινήτου, αεροπλάνου, τρένου και λεωφορείου.

Σε μια προσπάθεια να εξηγήσουμε πως λειτουργεί το συγκεκριμένο πρόγραμμα, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι όσον αφορά τα μέσα μεταφοράς, είτε ιδιωτικά είτε μαζικής μεταφοράς, θεωρείται ότι ο καλύτερος τρόπος για να υπολογιστούν οι εκπομπές του CO_2 είναι μέσω της κατανάλωσης καυσίμου. Συγκεκριμένα, για τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα καύσιμα ισχύει ότι:

Τύπος Καυσίμου	Μονάδα	CO_2 που εκπέμπεται ανά Μονάδα Καυσίμου
Βενζίνη	1 λίτρο	2,3 kg
Diesel (πετρέλαιο)	1 λίτρο	2,7 kg
Πετρέλαιο (Θέρμανσης)	1 λίτρο	3 kg

Πίνακας 3.3 – CO_2 που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου που καταναλώνεται
[Πηγή: http://timeforchange.org/what-is-a-carbon-footprint-definition]

Ακόμα, για κάθε μία από τις παρακάτω συγκεκριμένες διαδικασίες θεωρεί το TFC ότι προστίθεται 1 kg CO_2 στο προσωπικό αποτύπωμα άνθρακα:

- Διαδρομή με δημόσια μέσα μεταφοράς (τρένο ή λεωφορείο) για μια απόσταση 10 έως 12 km
- Οδήγηση αυτοκινήτου για μια απόσταση 6 km (θεωρώντας ότι 7,3 λίτρα πετρέλαιο καταναλώνονται ανά 100 km)
- Πτήση με αεροπλάνο για μια απόσταση 2,2 km
- Χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή για 32 ώρες (θεωρώντας κατανάλωση ρεύματος 60 Watt)

Στο συγκεκριμένο εργαλείο όλα τα μεγέθη που εισάγονται μετατρέπονται σε kWh, που θεωρείται η ευκολότερα αξιοποιήσιμη μονάδα του SI. Η μετατροπή γίνεται με τους κατάλληλους συντελεστές.

Επίσης, το εργαλείο υπολογισμού των εκπομπών του CO_2 για το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι ένα αρχείο Excel της Microsoft. Αναλυτικότερα λοιπόν θα έχουμε:

3.3.2.1 Αυτοκίνητο

Η ποσότητα του *CO_2* που δημιουργείται από τη χρήση από τη *χρήση του αυτοκινήτου* υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\boxed{P_{CO2} = Q_{Fuel} \times CF_{SI} \times CF_{CO2}} \quad (24)$$

όπου:

P_{CO2} Το CO_2 που παράγεται από τη χρήση του αυτοκινήτου (σε kg)

Q_{Fuel} Η ποσότητα του καυσίμου που καταναλώνεται για τη μετακίνηση (σε λίτρα)

CF_{SI} Ο Συντελεστής Μετατροπής της ποσότητας του καυσίμου σε μονάδες SI. Για τη βενζίνη (σε λίτρα) είναι 9,58 ενώ για το Diesel (σε λίτρα) είναι 10,52

CF_{CO2} Ο Συντελεστής Μετατροπής σε kg CO_2. Για τη βενζίνη λαμβάνεται 9,58 ενώ για το Diesel θεωρείται 10,52

Επίσης, αναφέρεται στο συγκεκριμένο εργαλείο ότι η ποσότητα CO_2 που παράγεται είναι ίδια για όλων των τύπων τα αυτοκίνητα (ακόμα και για τα υβριδικά) όταν καταναλώνεται μία συγκεκριμένη ποσότητα καυσίμων.

Οι συντελεστές **CF_{SI}** και **CF_{CO}** που χρησιμοποιούνται είναι για τη μετατροπή της ποσότητας του καυσίμου που καταναλώθηκε αρχικά σε μονάδες του SI και στη συνέχεια σε kg CO_2. Οι τιμές των συντελεστών υπολογίστηκαν από τις χημικές εξισώσεις της διαδικασίας της οξείδωσης, όμως δεν θα αναλυθεί περαιτέρω εδώ.

[Η εξίσωση που αναλύθηκε σε αυτή την ενότητα προέρχεται από την ιστοσελίδα του εργαλείου Time For Change: http://timeforchange.org/what-is-a-carbon-footprint-definition]

3.3.2.2 Μέσα Μαζικής Μεταφοράς

Στο εδάφιο αυτό υπολογίζονται οι εκπομπές CO_2 που παράγονται από τη χρήση αεροπλάνου, λεωφορείου και τρένου. Γίνεται η παραδοχή ότι στα αεροπλάνα χρησιμοποιείται μόνο κηροζίνη, στα λεωφορεία πετρέλαιο Diesel και στα τρένα πετρέλαιο.

Για να υπολογίσουμε τις *εκπομπές του CO_2* που προκύπτουν από τη χρήση του *αεροπλάνου* χρησιμοποιούμε την εξίσωση:

$$\boxed{P_{CO2} = Q_{Plane} \times CF_{SI} \times CF_{CO2}} \quad (25)$$

όπου:

P_{CO2} Το CO_2 που παράγεται από τη χρήση αεροπλάνου (σε kg)

Q_{Plane} Η απόσταση που διανύεται κατά τη διάρκεια της πτήσης (σε km)

CF_{SI} Ο Συντελεστής Μετατροπής της απόστασης σε μονάδες SI. Προκύπτει από το λόγο της ποσότητας CO_2 που παράγει το αεροπλάνο (0,15 kg/km) προς την ποσότητα του CO_2 που παράγει η κηροζίνη (0,24 kg/ kWh). Η τελική τιμή του συντελεστή είναι 0,625 (kWh/km)

CF_{CO2} Ο Συντελεστής Μετατροπής σε kg CO_2. Προκύπτει από την ποσότητα του CO_2 που παράγει η κηροζίνη (0,24 kg/kWh) πολλαπλασιασμένη με έναν συντελεστή 3 για παράπλευρες απώλειες. Η τελική τιμή του συντελεστή είναι 0,72 (kg/kWh)

Οι εκπομπές του *CO_2* όταν χρησιμοποιούμε *λεωφορείο* ως μέσο μεταφοράς, και με δεδομένο ότι καταναλώνεται πετρέλαιο Diesel, προκύπτουν από την εξίσωση:

$$\boxed{P_{CO2} = Q_{Bus} \times CF_{SI} \times CF_{CO2}} \quad (26)$$

όπου:

P_{CO2} Το CO_2 που παράγεται από τη χρήση αεροπλάνου (σε kg)

Q_{Bus} Η απόσταση που διανύεται όταν γίνεται η μεταφορά (σε km)

CF_{SI} Ο Συντελεστής Μετατροπής της απόστασης σε μονάδες SI ηλεκτρικής ενέργειας. Προκύπτει λαμβάνοντας υπ’ όψιν μας ότι καταναλώνονται 2,7 l Diesel ανά 100 km, ενώ 1 l πετρελαίου Diesel ισοδυναμεί με ενέργεια 10,52 kWh. Η τελική του τιμή είναι 0,284 (kWh/km)

CF_{CO2} Ο Συντελεστής Μετατροπής σε kg CO_2. Η τελική τιμή του συντελεστή είναι 0,25

Επίσης, οι εκπομπές του *CO_2* όταν χρησιμοποιούμε *τρένο* ως μέσο μεταφοράς, και με δεδομένο ότι καταναλώνεται πετρέλαιο Diesel, προκύπτουν από την εξίσωση:

$$\boxed{P_{CO2} = Q_{Train} \times CF_{SI} \times CF_{CO2}} \quad (27)$$

όπου:

P_{CO2} Το CO_2 που παράγεται από τη χρήση τρένου (σε kg)

Q_{Train} Η απόσταση που διανύεται όταν γίνεται η μεταφορά (σε km)

CF_{SI} Ο Συντελεστής Μετατροπής της απόστασης σε μονάδες SI ηλεκτρικής ενέργειας. Προκύπτει λαμβάνοντας υπ’ όψιν μας ότι καταναλώνονται κατά μέσο όρο στη Γερμανία 2,2 l Πετρελαίου ανά 100 km, ενώ 1 l πετρελαίου ισοδυναμεί με ενέργεια 8,9 kWh. Η τελική του τιμή είναι 0,2 (kWh/km)

CF_{CO2} Ο Συντελεστής Μετατροπής σε kg CO_2. Εδώ πρέπει να τοποθετηθεί ο συντελεστής εκπομπών του συστήματος τρένων κάθε χώρας, ανάλογα με το που γίνεται η μέτρηση.

[Οι εξισώσεις (25), (26) και (27) που αναλύθηκαν σε αυτή την ενότητα προέρχονται από την ιστοσελίδα του εργαλείου Time For Change: http://timeforchange.org/what-is-a-carbon-footprint-definition]

3.3.2.3 Οικιακή Θέρμανση

Όπως αναφέραμε, το εργαλείο TFG υπολογίζει επίσης τις εκπομπές CO_2 που παράγονται από την οικιακή θέρμανση. Εξετάζονται οι περιπτώσεις όπου ως καύσιμο για τη θέρμανση έχουμε φυσικό αέριο, κάρβουνο, ξύλο, πετρέλαιο θέρμανσης ή ηλιακούς συλλέκτες. Όμως για τους ηλιακούς συλλέκτες που χρησιμοποιούνται για θέρμανση θεωρούμε ότι οι εκπομπές CO_2 είναι μηδενικές.

Και σε αυτό το κομμάτι υπολογισμών εφαρμόζεται η ίδια μεθοδολογία με τα υπόλοιπα, δηλαδή μετατρέπονται οι ποσότητες που καταναλώνονται σε ισοδύναμα kWh και με τους κατάλληλους συντελεστές μετατρέπονται μετά σε kg CO_2 που εκπέμπονται.

Ανεξάρτητα του τι αέριο χρησιμοποιείται για την θέρμανση, η ζητούμενη ποσότητα του CO_2 που εκπέμπεται προκύπτει από την ποσότητα του καυσίμου που καταναλώθηκε μετατρέποντας το με τους κατάλληλους συντελεστές. Έτσι, θα ισχύει η εξίσωση:

$$\boxed{P_{CO2} = Q_i \times CF_{SI,i} \times CF_{CO2,i}} \quad (28)$$

όπου:

P_{CO2} Το CO_2 που παράγεται από τη χρήση οικιακής θέρμανσης (σε kg)

Q_i Η ποσότητα καυσίμου i που καταναλώνεται (σε kg ή l)

$CF_{SI,i}$ Ο Συντελεστής Μετατροπής της ποσότητας i σε μονάδες SI ηλεκτρικής ενέργειας (σε kWh/kg ή kWh/l)

$CF_{CO2,i}$ Ο Συντελεστής Μετατροπής της ποσότητας i σε kg CO_2.

Οι συντελεστές $\mathbf{CF_{SI}}$ και $\mathbf{CF_{CO2}}$ παίρνουν διαφορετικές τιμές ανάλογα με τον τύπο του καύσιμου που χρησιμοποιείται. Επίσης, είναι σημαντικό στο σημείο αυτό να αναφέρουμε ότι οι συγκεκριμένοι συντελεστές έχουν υπολογιστεί για τα δεδομένα της Γερμανίας. Για την Ελλάδα δεν ισχύουν οι ίδιοι συντελεστές μιας και το φυσικό αέριο που χρησιμοποιείται διαφέρει από χώρα σε χώρα. Μάλιστα πολλές φορές διαφέρει από πόλη σε πόλη. Έτσι θα έχουμε:

Καύσιμο	CF_{SI}	CF_{CO2}
Φυσικό αέριο	10	0,19
Κάρβουνο	7,853	0,32
Ξύλο	2,788	0,25
Πετρέλαιο Θέρμανσης	11,9	0,25

Πίνακας 3.4 – Συντελεστές Μετατροπής του Προγράμματος Time For Change για την Οικιακή Θέρμανση [Πηγή: http://timeforchange.org/what-is-a-carbon-footprint-definition]

Όσον αφορά την ποσότητα του καυσίμου που χρησιμοποιούμε, όταν έχουμε **φυσικό αέριο Q_{ng}**, μπορεί να αναφέρεται στα m^3 του φυσικού αερίου που καταναλώθηκε ή στην ενέργεια που έχει καταναλωθεί στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα (σε kWh).

Σημειώνεται επίσης ότι οι εκπομπές CO_2 από την καύση ξύλου συχνά δεν λαμβάνονται υπ' όψιν ή λαμβάνονται μόνο κατά 50%. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι καθώς τα φυτά μεγαλώνουν απορροφούν μία ποσότητα CO_2, η οποία όμως απελευθερώνεται πάλι στην ατμόσφαιρα όταν καεί το ξύλο.

	A	B	C	D	E	F	G	
3	http://timeforchange.org							
4	Quantity	Unit	Conversion factor into SI-unit	SI-Unit	Quantity in SI-Unit	Conversion factor for kg CO2	kg CO2 produced	fa re e
5	**House Heating**							
6	**Heating with natural gas**							
7	Enter a quantity for the appropriate Unit:							
8		cubic metres	10	kWh	0	0,19	**0**	
9		100 cubic feets	28,32	kWh	0	0,19	**0**	
10	20	kWh	1	kWh	20	0,19	**3,8**	
11								
12	**Coal**							
13	One sack of coal usually weighs 50 kg							
14	15	kg coal	7,583	kWh	113,745	0,32	**36,3984**	
15								
16	**Wood**							
17	10	kg	2,778	kWh	27,78	0,25	**6,945**	
18								
19	**Heating oil**							
20	Enter a quantity for the appropriate Unit:							
21	200	Litres	11,9	kWh	2380	0,25	**595**	
22		kg	12	kWh	0	0,25	**0**	
23		Gallons (UK)	54,0974	kWh	0	0,25	**0**	
24		Gallons (US)	45,42	kWh	0	0,25	**0**	
25								

Εικόνα 3.7 – Απεικόνιση του αρχείου Excel του εργαλείου Time For Change για τον υπολογισμό των εκπομπών CO_2 που προκύπτουν από την οικιακή θέρμανση [Πηγή: http://timeforchange.org/what-is-a-carbon-footprint-definition]

[Η εξίσωση (28) προέρχεται από την ιστοσελίδα του εργαλείου Time For Change: http://timeforchange.org/what-is-a-carbon-footprint-definition]

3.3.3 Πρότυπο ISO 14064

Το Πρότυπο ISO 14064:2006 για τη μέτρηση και την επαλήθευση των αερίων του θερμοκηπίου, δημοσιεύθηκε το Μάρτιο του 2006 από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Organization for Standardization - ISO). Το ISO 14064:2006 αναφέρεται με τον όρο αέρια του θερμοκηπίου στα ίδια αέρια που ορίζονται και από το Πρωτόκολλο του Κιότο. Τα πρότυπα του ISO 14064:2006 χρησιμοποιούν ως μεθοδολογία υπολογισμού το Πρωτόκολλο Greenhouse Gas Protocol, αλλά είναι ανεξάρτητα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις κυβερνήσεις και τις οργανώσεις που συμμετέχουν σε μια σειρά από μηχανισμούς εμπορίας ή μείωσης εκπομπών. Επίσης, τα πρότυπα μπορούν να εφαρμοστούν σε όλα τα αέρια του θερμοκηπίου και όχι μόνο στο CO_2.

Το ISO 14064:2006 είναι ένα πρότυπο με τρία μέρη που αποτελεί ένα σύνολο από κριτήρια μέτρησης και επαλήθευσης των αερίων του θερμοκηπίου. Καθορίζει τις διεθνείς βέλτιστες πρακτικές για τη διαχείριση, την υποβολή εκθέσεων και την επαλήθευση πληροφοριών και δεδομένων που αφορούν τα αέρια του θερμοκηπίου. Τα τρία μέρη του ISO 14064:2006 είναι δομημένα ως εξής:

- Το πρώτο μέρος καταγράφει με λεπτομέρειες τις αρχές και τις απαιτήσεις για την οργάνωση του σχεδιασμού, της ανάπτυξης, της διαχείρισης και της αναφοράς των αερίων του θερμοκηπίου. Περιλαμβάνει απαιτήσεις για τον καθορισμό ορίων των αερίων του θερμοκηπίου, την ποσοτικοποίηση των εκπομπών ενός οργανισμού και τον προσδιορισμό συγκεκριμένων δράσεων, που στοχεύουν στη βελτίωση της διαχείρισης των αερίων του θερμοκηπίου.
- Το δεύτερο μέρος του ISO 14064:2006 επικεντρώνεται στα προγράμματα που έχουν σχεδιαστεί για να μειώσουν τις εκπομπές ή να αυξήσουν τις μετακινήσεις των αερίων θερμοκηπίου. Τέτοια προγράμματα είναι για παράδειγμα προγράμματα αιολικής ενέργειας, προγράμματα δέσμευσης του άνθρακα ή προγράμματα αποθήκευσης. Περιλαμβάνει αρχές και απαιτήσεις για τον καθορισμό της βάσης με την οποία γίνεται η παρακολούθηση, η ποσοτικοποίηση και η αναφορά των εκπομπών.
- Το τρίτο μέρος του ISO 14064:2006 περιγράφει τη διαδικασία επικύρωσης ή επαλήθευσης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οργανισμούς ή τρίτους για την επικύρωση ή τον καθορισμό των αερίων του θερμοκηπίου.

Το 2007 αναπτύχθηκε η πιο πρόσφατη έκδοση, το ISO 14065:2007 που διασφαλίζει επιπλέον τη διαδικασία επαλήθευσης και επικύρωσης και καθορίζει απαιτήσεις για τις εταιρίες που εκτελούν πιστοποιήσεις των αερίων του θερμοκηπίου.

3.3.4 Πρόγραμμα Carbon Fund



Το πρόγραμμα Carbon Fund, του οποίου το λογότυπο είναι στη διπλανή εικόνα, είναι μια εφαρμογή που διατίθεται δωρεάν στους χρήστες του διαδικτύου και υπολογίζει το αποτύπωμα άνθρακα για όλους τους τύπους επιχειρήσεων, για οικιακούς χρήστες καθώς και γεγονότα. Οι ενδιαφερόμενοι χρήστες βρίσκουν την εφαρμογή αυτή στην ιστοσελίδα http://www.carbonfund.org/. Χρησιμοποιεί πληροφορίες από το Υπουργείο Υπηρεσίας Πληροφοριών Ενέργειας των Η.Π.Α. (US Department of Energy's Information Agency).

Είναι μία από τις πιο ευρέως διαδεδομένες και αξιόπιστες εφαρμογές υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα παγκοσμίως και έχει ευρεία αναγνώριση και αποδοχή. Ακριβείς πληροφορίες για τη μεθοδολογία υπολογισμού του προγράμματος δεν έχουμε, όμως στην ενότητα αυτή θα αναφέρουμε τους Συντελεστές Εκπομπές που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα. Έτσι, για κάθε μια από τις κατηγορίες εκπομπών του προγράμματος θα έχουμε:

- Ηλεκτρισμός

Το Carbon Fund υπολογίζει τις εκπομπές από την παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας τα δεδομένα της Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (EPA). Χρησιμοποιεί λοιπόν μία ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ από αυτούς τους Σ.Ε.. Συγκεκριμένα, θεωρεί ότι εκπέμπονται **0,00059 τόνοι CO_2 ανά kWh**. Ο υπολογισμός των εκπομπών γίνεται με τον πολλαπλασιασμό του Σ.Ε. με την ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

- Φυσικό Αέριο

Για το Φυσικό Αέριο χρησιμοποιεί ως Σ.Ε. αυτόν που προτείνει το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α. (U.S. Department of Agency - DOE), δηλαδή **5,45 kg CO_2** ανά κυβικό πόδι φυσικού αερίου που καταναλώνεται. Οι εκπομπές υπολογίζονται πολλαπλασιάζοντας τον Σ.Ε. με την ποσότητα του φυσικού αερίου που καταναλώθηκε.

- Πετρέλαιο Θέρμανσης

Το Carbon Fund χρησιμοποιεί για το πετρέλαιο θέρμανσης τον Σ.Ε. που προτείνει το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α. (U.S. Department of Agency - DOE), δηλαδή **2,68 kg CO_2 ανά λίτρο** καιόμενου πετρελαίου θέρμανσης. Για τον υπολογισμό πολλαπλασιάζει τον Σ.Ε. με την κατανάλωση καυσίμου.

- <u>Οχήματα</u>

Για τον υπολογισμό των εκπομπών που προκύπτουν από τη χρήση οχημάτων, το Carbon Fund δεν λαμβάνει υπ' όψιν το αν το όχημα είναι παλιό ή καινούριο, ούτε το τι καύσιμο καταναλώνει. Απαιτεί όμως από τον χρήστη την εταιρία κατασκευής και το μοντέλο του οχήματος. Για τον Σ.Ε. λαμβάνει μία ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ από αυτούς που προτείνονται και καταλήγει σε **2,35 kg CO_2 ανά Km**.

- <u>Αεροπλάνο</u>

Όσον αφορά τις εκπομπές που προκύπτουν από τη χρήση αεροπλάνου για μετακίνηση, το Carbon Fund ορίζει κάποιες γενικές κατηγορίες αποστάσεων και θεωρεί ως Σ.Ε. αυτόν που προτείνει η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (EPA), δηλαδή **0,25 έως 0,375 kg CO_2 ανά επιβάτη και Km**. Ο Σ.Ε. διαφέρει ανάλογα με την κατηγορία απόστασης που ήταν η διαδρομή που πραγματοποιήθηκε. Για τον υπολογισμό των εκπομπών, πολλαπλασιάζεται ο αντίστοιχος Σ.Ε. με μια ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ της απόστασης που διανύθηκε για κάθε κατηγορία.

- <u>Γεγονότα/Εκδηλώσεις</u>

Για τις εκπομπές που προκύπτουν από τη διεξαγωγή γεγονότων και εκδηλώσεων λαμβάνονται επιπλέον υπ' όψιν οι εκπομπές που προκύπτουν από τη διαμονή σε ξενοδοχεία αλλά και οι εκπομπές που προκύπτουν από τα γεύματα που παρατίθενται στους συμμετέχοντες.

Όσον αφορά τη διαμονή σε ξενοδοχεία χρησιμοποιούνται οι Σ.Ε. που προτείνει η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (EPA), δηλαδή **29,53 kg CO_2 ανά επιβάτη και νύχτα διαμονής** για τα ξενοδοχεία μεσαίας κατηγορίας και **33,38 kg CO_2 ανά επιβάτη και νύχτα διαμονής** για τα πολυτελή ξενοδοχεία.

Για τα γεύματα που παρατίθενται υπολογίζει τις εκπομπές θεωρώντας ότι κάθε άτομα εκπέμπει **8 kg CO_2** ημερησίως λόγω των γευμάτων. [Πηγή: Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health]

Το Carbon Fund διαθέτει εργαλείο υπολογισμού για οικιακούς χρήστες και για επιχειρήσεις. Στις εικόνες που ακολουθούν απεικονίζονται τα εργαλεία αυτά:

Εικόνα 3.8 – Απεικόνιση του εργαλείου για οικιακούς χρήστες του προγράμματος Carbon Fund
[Πηγή: http://www.carbonfund.org/Calculators#Home]

Εικόνα 3.9 – Απεικόνιση του εργαλείου για επιχειρήσεις του προγράμματος Carbon Fund
[Πηγή: http://www.carbonfund.org/business/calculator]

3.3.5 Άλλα Προγράμματα Υπολογισμού

Όπως αναφέραμε υπάρχει πληθώρα προγραμμάτων υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα που διατίθενται δωρεάν στο Διαδίκτυο. Από αυτά εμείς θα αναφέρουμε ***ενδεικτικά*** κάποια που επιλέχθηκαν με βάση την πληρότητα τους (περιλαμβάνουν όσο το δυνατόν περισσότερες δραστηριότητες προς υπολογισμό) και την εγκυρότητα τους (έχουν αναπτυχθεί από ομάδα ειδικών ή κάποιο οργανισμό).

1) Πρόγραμμα **Carbon Footprint**: Η ιστοσελίδα στην οποία είναι διαθέσιμο το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι η http://www.carbonfootprint.com/ και το λογότυπο του είναι αυτό της διπλανής εικόνας. Το πρόγραμμα αυτό υπολογίζει δωρεάν το αποτύπωμα άνθρακα για οικιακούς χρήστες και μικρές επιχειρήσεις, ενώ για μεγάλες επιχειρήσεις, εργοστάσια ή γεγονότα υπολογίζει το αποτύπωμα άνθρακα έναντι χρηματικού αντιτίμου. Χρησιμοποιεί μετρήσεις του Βρετανικού Υπουργείου για Περιβαλλοντικές, Τροφικές και Αγροτικές Υποθέσεις (UK's Department for the Environment, Food and Rural Affairs – Defra)



2) Πρόγραμμα **The Nature Conservancy**: Η ιστοσελίδα στην οποία βρίσκεται το συγκεκριμένο πρόγραμμα υπολογισμού είναι η http://www.nature.org/greenliving/carboncalculator/index.htm και το λογότυπο του είναι αυτό της διπλανής εικόνας. Το πρόγραμμα αυτό υπολογίζει δωρεάν το αποτύπωμα άνθρακα μόνο για οικιακούς χρήστες και για συγκεκριμένες χώρες.



3.4 Αποτύπωμα Άνθρακα για γεγονότα και εκδηλώσεις

Οι εκπομπές αερίων του Θερμοκηπίου που προκύπτουν από την οργάνωση και πραγμάτωση ενός γεγονότος, μιας εκδήλωσης ή μιας συνδιάσκεψης ανήκουν στο 3ο στάδιο εκπομπών από αυτά που έχουμε ορίσει. Επειδή όμως θεωρείται ότι για αυτά τα γεγονότα παράγονται σημαντικές ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου υπάρχουν πολλές εφαρμογές που υπολογίζουν τις εκπομπές αυτές για τέτοιου είδους γεγονότα καθώς και διάφορα πρότυπα. Οι περισσότερες από αυτές τις εφαρμογές βασίζονται στο GHG Protocol. Στη συγκεκριμένη εργασία δεν θα αναλύσουμε περαιτέρω ποιες είναι αυτές οι εφαρμογές αλλά μόνο τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζουν το αποτύπωμα άνθρακα.

Για να υπολογιστεί το αποτύπωμα άνθρακα ενός γεγονότος, μίας εκδήλωσης ή μιας συνδιάσκεψης πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν όλες οι δραστηριότητες που σχετίζονται τόσο με την οργάνωση της εκδήλωσης όσο και με τη διεξαγωγή της. Στις δραστηριότητες αυτές λοιπόν περιλαμβάνονται:

- Οι καταναλώσεις που έγιναν για θέρμανση, κλιματισμό και ηλεκτρισμό
- Οι μετακινήσεις που πραγματοποιούνται από τους συμμετέχοντες για την πραγμάτωση του γεγονότος (επίγειες, εναέριες ή με μέσα μαζικής μεταφοράς)
- Ο κύκλος ζωής των φαγητών και αναψυκτικών που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και των αναλώσιμων προϊόντων μίας χρήσης (π.χ. χρήση χαρτιού)
- Τα αντικείμενα που αποστέλλονται στο γεγονός από τη στεριά (φορτηγό ή τρένο), τον αέρα ή τη θάλασσα
- Τα καταλύματα τα οποία θα χρησιμοποιηθούν

Στις υπάρχουσες εφαρμογές υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα σε αυτές τις περιπτώσεις, από όλες αυτές τις δραστηριότητες, στις περισσότερες εφαρμογές δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στις μεταφορές και τα καταλύματα, γιατί είναι αυτά που θεωρούνται ότι παράγουν το μεγαλύτερο τμήμα των εκπομπών. Για τα *ξενοδοχεία/καταλύματα* απαραίτητες πληροφορίες είναι ο αριθμός των δωματίων που θα χρησιμοποιηθούν και το πόσες βραδιές θα είναι κατειλημμένα.

Όσον αφορά τις *εναέριες μεταφορές*, οι εφαρμογές αυτές υπολογίζουν το αποτύπωμα άνθρακα με βάση το πόσα άτομα θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσουν αεροπλάνο προκειμένου να παρευρεθούν στο γεγονός αλλά και το τι είδους πτήση θα πραγματοποιήσουν. Υπάρχουν τρία είδη πτήσεων για κάθε μετάβαση: κοντινές πτήσεις (από 100 έως 300 μίλια), μεσαίες πτήσεις (από 300 έως 1000 μίλια) και μακρινές πτήσεις (πάνω από 1000 μίλια).

Στις *επίγειες μεταφορές*, το αποτύπωμα άνθρακα υπολογίζεται με βάση το πόσα αυτοκίνητα θα χρησιμοποιηθούν προκειμένου να φτάσουν τα άτομα που θα παρευρεθούν στον τόπο που διοργανώνεται το γεγονός προερχόμενα είτε έξω από την πόλη είτε μέσα από την πόλη. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να γίνει και μία εκτίμηση της μέσης απόστασης που θα διανύουν σε κάθε μία από τις δύο περιπτώσεις.

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	# of passenger round-trips		mileage, one-way		total air-miles		lbs. CO2 per air-mile		lbs. CO2, total	
Short flights (100 to 300 miles each way; e.g., New York to Washington)	5	*Enter the number of people you expect to be flying in for this event. Here, a round-trip there and back is counted as ONE trip, not two.*	200	*Average one-way mileage. If your guests are traveling from much further away (e.g., Europe), use webflyer.com/travel/milemarker/ to help you estimate miles.*	2.000	*These are calculated for you, and are based on round-trip travel..*	0,532	*While longer flights use more fuel and produce more CO2 than shorter flights, the per-mile emissions are higher with shorter flights because of extra fuel used in take-offs and landings.*	1.064	*These are calculated for you.*
Medium flights (300 to 1000 miles each way; e.g., Chicago to Washington)	1		700		1.400		0,423		593	
Long flights (over 1000 miles each way, e.g., Denver to Washington)	3		1.500		9.000		0,390		3.511	
Total, air travel	9	*trips*			12.400	*air-miles*			5.168	*lbs. CO2*
ar travel										
While each car's mileage is only a modest source of greenhouse gas emissions for your event, a lot of local guests and/or people driving in from out of town can collectively burn a lot of gasoline getting to the event. And while a gallon of gasoline weighs only about 6 pounds, it will produce nearly 20 pounds of CO2!										
	# of cars and average miles		total automobile miles		Average miles/gallon		total gallons of gasoline		lbs. CO2, total	
Traveling from out of town										
How many cars (not people) do you estimate will be driving here from	12	*cars*								
What is the estimated *round-trip* mileage for these out-of-town	200	*miles/car*	2.400	*This is calculated for you.*	23	*Assumed miles per gallon. These are averages. If you*	107	*This is calculated for you.*	2.087	*Each gallon of gas emits*

Your Event's Carbon Footprint / How to Offset / Notes and Sources

Εικόνα 3.10 – Απεικόνιση του αρχείου Excel μιας εφαρμογής που υπολογίζει το αποτύπωμα άνθρακα ενός γεγονότος
[Πηγή: http://www.templerodefshalom.org/pdf/CarbonFootprintEventCalculator-v7.xls]

3.5 Κλιματική Ουδετερότητα – Αντισταθμίσματα άνθρακα

Η κλιματική αλλαγή πρόκειται να έχει σημαντικές επιπτώσεις. Η παγκόσμια κοινότητα αναλογιζόμενη τους κινδύνους που ελλοχεύουν προσπαθεί να δραστηριοποιηθεί και να επιβαρύνει όσο το δυνατόν λιγότερο το περιβάλλον. Τα τελευταία χρόνια έχει εμφανιστεί ο όρος η **κλιματική ουδετερότητα (carbon neutrality)**, που απασχολεί ιδιαιτέρως όλες τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς. Με τον όρο **κλιματικά ουδέτερη (carbon neutral)** χαρακτηρίζεται μία επιχείρηση όταν έχει **μηδενικό αποτύπωμα άνθρακα**, έχει δηλαδή μηδενικές εκπομπές άνθρακα.

Η κλιματική ουδετερότητα μιας επιχείρησης, ενός οργανισμού ή ακόμα και ενός γεγονότος ή εκδήλωσης σχετίζεται με οποιουδήποτε τύπου εκπομπές CO_2 σχετίζονται με τα παραπάνω. Η κλιματική ουδετερότητα λοιπόν (έστω μιας επιχείρησης) μπορεί να το επιτευχθεί με δύο τρόπους: με την εξισορρόπηση μιας μετρημένης ποσότητας του άνθρακα που απελευθερώνεται με ένα ισοδύναμο που απορροφάται ή με την αντιστάθμιση αγοράζοντας αντισταθμίσματα άνθρακα αρκετά ώστε να καλυφθεί η διαφορά. Η κλιματική ουδετερότητα χρησιμοποιείται στο πλαίσιο των διαδικασιών απελευθέρωσης άνθρακα που σχετίζονται με τη μεταφορά, την παραγωγή ενέργειας και βιομηχανικές διαδικασίες.

Προκειμένου να επιτευχθεί η κλιματική ουδετερότητα, πρέπει οι επιχειρήσεις να αγοράζουν **Αντισταθμίσματα Άνθρακα (Carbon Offsets)**. Τα αντισταθμίσματα άνθρακα είναι ένα οικονομικό όργανο που αντιπροσωπεύει μία μείωση των εκπομπών του CO_2 ή αερίων του θερμοκηπίου προκειμένου να αντισταθμιστεί ή να αποζημιωθεί μία εκπομπή που γίνεται σε κάποιο άλλο μέρος. Οι εκπομπές μετρώνται σε ισοδύναμο CO_2 (CO_{2e}).

Υπάρχουν δύο αγορές για τα αντισταθμίσματα άνθρακα: μία μεγάλη αγορά στην οποία συμμετέχουν εταιρίες, κυβερνήσεις και άλλες οντότητες που αγοράζουν αντισταθμίσματα άνθρακα προκειμένου να συμμορφωθούν με τα ανώτατα όρια. Υπάρχει επίσης μία πολύ μικρότερη εθελοντική αγορά όπου συμμετέχουν ιδιώτες και εταιρίες και αγοράζουν αντισταθμίσματα άνθρακα προκειμένου να περιορίσουν τις εκπομπές τους.

Για παράδειγμα, με την αγορά αντισταθμισμάτων χρηματοδοτούνται οι μειώσεις αερίων του θερμοκηπίου μέσω έργων όπως τα αιολικά πάρκα, τα οποία παράγουν καθαρή ενέργεια που «εκτοπίζει» την ενέργεια από ορυκτά καύσιμα.

Τον τελευταίο καιρό παρατηρείται ιδιαίτερη αύξηση στις επιχειρήσεις που μεριμνούν ούτως ώστε ακόμα και οι εκδηλώσεις ή τα συνέδρια που

πραγματοποιούνται υπό την αιγίδα τους να είναι κλιματικά ουδέτερα. Η κλιματική ουδετερότητα εξασφαλίζεται ως εξής: Αφού υπολογιστεί το αποτύπωμα άνθρακα του γεγονότος (συχνά η επιχειρήσεις δεν το υπολογίζουν μόνες τους αλλά το αναθέτουν σε αρμόδιες εταιρίες που παρέχουν και πιστοποιήσεις), γίνεται η αγορά αντισταθμισμάτων άνθρακα που ισοδυναμούν με το αποτύπωμα άνθρακα της εκδήλωσης και επομένως το γεγονός χαρακτηρίζεται ως κλιματικά ουδέτερο.

Υπάρχουν αρκετές εταιρίες που ασχολούνται με το αντιστάθμισμα άνθρακα. Οι περισσότερες από αυτές παρέχουν στην ιστοσελίδα τους και ένα δωρεάν εργαλείο για απλούς υπολογισμούς του αποτυπώματος άνθρακα. Ενδεικτικά ως πιο ευρέως διαδεδομένες αναφέρουμε τις:

- Bonneville Environmental Foundation [http://www.b-e-f.org/]
- Carbon Footprint Ltd. (UK) [http://www.carbonfootprint.com/]
- CarbonFund.org [http://www.carbonfund.org/]
- CarbonPlanet Pty Ltd. (Αυστραλία) [http://www.carbonplanet.com/]
- Conservation Fund Go Zero(sm) Program [http://www.conservationfund.org/]
- Native Energy [http://www.nativeenergy.com/]
- Terra Pass [http://www.terrapass.com/]
- The CarbonNeutral Company [http://www.carbonneutral.com/]

Στην Ελλάδα υπάρχουν ιδιωτικές εταιρίες που υπολογίζουν το αποτύπωμα άνθρακα και αναλαμβάνουν στη συνέχεια την αντιστάθμιση των ρύπων. Ενδεικτικά θα αναφέρουμε δύο από αυτές:

- Panayiotopoulos & Partners (Business Consultants) [http://www.pandp.gr/]
- Athens Green 360 [http://www.athensgreen360.com/]

Κεφάλαιο 4

Πρόγραμμα Υπολογισμού MyCarbonFtprint

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ανάλυση του εργαλείου υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Συγκεκριμένα θα αναλυθούν οι περιπτώσεις στις οποίες εφαρμόζεται το πρόγραμμα καθώς και οι μεθοδολογίες που εφαρμόζονται.

Το πρόγραμμα ονομάζεται **MyCarbonFtprint** και υπολογίζει τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), του μεθανίου (CH_4) και του νιτρώδους οξειδίου (N_2O) που προκύπτουν σε διαφορετικές περιπτώσεις. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι το MyCarbonFtprint υπολογίζει το αποτύπωμα άνθρακα ακριβώς όπως ορίστηκε στο κεφάλαιο 3.1, περιέχει δηλαδή πεδία υπολογισμού τόσο του άμεσου όσο και του έμμεσου αποτυπώματος άνθρακα.

Το MyCarbonFtprint απευθύνεται σε επιχειρήσεις και οργανισμούς που ενδιαφέρονται να υπολογίσουν το αποτύπωμα άνθρακα που προκύπτει από τη λειτουργία τους ή τις δραστηριότητες στις οποίες εμπλέκονται. Επίσης, απευθύνεται σε όλων των τύπων τα εργοστάσια όπου πραγματοποιούνται καύσεις για την παραγωγή των προϊόντων. Απευθύνεται όμως και σε πιο συγκεκριμένες κατηγορίες εργοστασίων όπως τα εργοστάσια που παράγουν αλουμίνιο, σίδηρο και χάλυβας (ατσάλι), μιας και κατά την παραγωγή των συγκεκριμένων προϊόντων παράγονται πολύ μεγάλες ποσότητες Αερίων του Θερμοκηπίου.

Επιπλέον, το MyCarbonFtprint απευθύνεται σε όλους τους χρήστες που ενδιαφέρονται να υπολογίσουν το αποτύπωμα άνθρακα που παράγουν μέσω κάποιας διαδικασίας, ενός γεγονότος ή μιας υπηρεσίας. Τέλος, απευθύνεται σε οικιακούς χρήστες που ενδιαφέρονται να υπολογίσουν το αποτύπωμα άνθρακα τους.

4.1 Το Πρόγραμμα MyCarbonFtprint

Το Πρόγραμμα Υπολογισμού του Αποτυπώματος Άνθρακα που δημιουργήσαμε ονομάζεται όπως ήδη αναφέραμε **MyCarbonFtprint**. Είναι ένα αρχείο Excel του προγράμματος Microsoft Office Excel 2007 (τύπου .xls) με τίτλο MyCarbonFtprint. Το λογότυπο του προγράμματος είναι:



Εικόνα 4.1 - Λογότυπο του προγράμματος MyCarbonFtprint

Το MyCarbonFtprint αποτελείται από 9 Φύλλα Εργασίας. Τα 7 πρώτα φύλλα υπολογίζουν το αποτύπωμα άνθρακα για τις περιπτώσεις που αναφέρεται στον τίτλο τους, στο 8^{ο} φύλλο υπάρχει ένας συγκεντρωτικός πίνακας όλων των εκπομπών που δημιουργήθηκαν και στο τελευταίο φύλλο βρίσκονται κατηγοριοποιημένοι όλοι οι συντελεστές που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς.

Τα ονόματα των Φύλλων Εργασίας του MyCarbonFtprint είναι:

- 1. Σταθ. Καύσεις
- 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση
- 3. Ψύξη_AC
- 4. Μεταφορές
- 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις
- 6. Αλουμίνιο
- 7. Σίδηρος_Χάλυβας
- 8. Συνολικές Εκπομπές
- 9. Συντ. Εκπομπής

Το τι ακριβώς υπολογίζεται σε καθένα από αυτά τα Φύλλα Εργασίας καθώς και οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται θα αναλυθούν στις επόμενες ενότητες του Κεφαλαίου αυτού.

Το MyCarbonFtprint δημιουργήθηκε με βασικό γνώμονα να είναι όσο το δυνατόν φιλικότερο προς τον χρήστη, ακόμα και σε αυτόν που δεν είναι εξοικειωμένος με τέτοιου είδους προγράμματα. Απαιτεί από τον χρήστη την εισαγωγή

μόνο των απαραίτητων στοιχείων στα οποία μπορεί να έχει πρόσβαση εύκολα, ενώ οι υπόλοιπες διαδικασίες γίνονται αυτοματοποιημένα.

Για περισσότερη ευκολία στη χρήση του προγράμματος έχουν εισαχθεί σχόλια στα κελιά που πρέπει να συμπληρώσει ο χρήστης, δίνοντας του οδηγίες για τον τρόπο εισαγωγής των δεδομένων. Επίσης, για το MyCarbonFtprint έχουν δημιουργηθεί Οδηγίες Χρήσης (Manual) που συνοδεύονται από εικόνες και παρατίθενται στο Παράρτημα της παρούσας εργασίας.

Στην Εικόνα 4.2 απεικονίζεται η ένδειξη που εμφανίζεται στον χρήστη του εργαλείου MyCarbonFtprint όταν θέλει να εισάγει δεδομένα.

4.1. ΟΧΗΜΑΤΑ

4.1.α ΟΧΗΜΑ (Γνωστή Απόσταση)

MyCarbonFtprint:
Επιλογή από Λίστα

Χώρα	Όχημα - Καύσιμο - Έτος Κατασκευής Οχήματος	π	νολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)
Ηνωμένο Βασίλειο	Βαρύ Όχημα - Άκαμπτο - LNG	325	0,102349721
Συνολικές Εκπομπές:			0,102349721

Εικόνα 4.2 - Απεικόνιση σχολίου που εμφανίζεται στον χρήστη για την εισαγωγή των δεδομένων που απαιτείται

Επίσης, σε κάθε Φύλλο Εργασίας υπάρχει στο τέλος (κάτω) ένα πλαίσιο που υπολογίζει τις συνολικές ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου που παράχθηκαν από την εκάστοτε διαδικασία. Στην Εικόνα 4.3 απεικονίζεται ένα τέτοιο πλαίσιο:

Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)	0,4470
Συνολικές Εκπομπές CH_4 (kg)	0,0244
Συνολικές Εκπομπές N_2O (kg)	0,0022

Εικόνα 4.3 - Πλαίσιο συνολικών εκπομπών στο κάτω μέρος κάθε φύλλου εργασίας του MyCarbonFtprint

4.1.1 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *1. Σταθ. Καύσεις*

Το MyCarbonFtprint υπολογίζει στο Φύλλο αυτό τις εκπομπές του CO_2 που προκύπτουν από Σταθεροποιημένες Καύσεις. Οι καύσεις αυτές μπορεί να είναι οποιουδήποτε τύπου που γίνονται είτε σε εργαστηριακές είτε σε εργοστασιακές εγκαταστάσεις. Με αυτό το Φύλλο λοιπόν, το MyCarbonFtprint απευθύνεται σε όλους τους χρήστες που διαθέτουν στοιχεία για διάφορες καύσεις που πραγματοποιούνται και ενδιαφέρονται να υπολογίσουν το αποτύπωμα άνθρακα που προκύπτει από αυτές.

Τα στοιχεία για την καύση που μπορεί να βρίσκονται στη διάθεση του χρήστη μπορεί να έχουν προέλθει από απευθείας μετρήσεις που γίνονται στην εγκατάσταση. Αυτή η διαδικασία είναι μεν ιδιαίτερα ακριβής ως προς τα αποτελέσματα που δίνει στον χρήστη, είναι όμως αρκετά χρονοβόρα και δαπανηρή και γι' αυτό συχνά αποφεύγεται. Σύνηθες είναι ο χρήστης να διαθέτει πληροφορίες μόνο για τον τύπο του καυσίμου που χρησιμοποιήθηκε και την ποσότητα που καταναλώθηκε.

Για λόγους πληρότητας (αλλά και ακρίβειας σε περιπτώσεις που απαιτείται) το MyCarbonFtprint διαθέτει πεδία υπολογισμού και για τις δύο περιπτώσεις.

<u>1.α Σταθεροποιημένες Καύσεις (Απευθείας Μέτρηση Εκπομπών)</u>

Το πεδίο αυτό απευθύνεται μόνο σε χρήστες που διαθέτουν στοιχεία για την καύση έπειτα από μετρήσεις που έγιναν. Τα στοιχεία αυτά αφορούν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες έγινε η καύση και τις εκπομπές των αερίων που προέκυψαν.

Το MyCarbonFtprint υπολογίζει τις εκπομπές που προκύπτουν σε αυτή την περίπτωση σύμφωνα με τη μεθοδολογία που προτείνει το Πρωτόκολλο The Greenhouse Gas Protocol (GHGP). Το σκεπτικό και οι σχέσεις στα οποία βασίζεται ο υπολογισμός έχουν αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3, Ενότητα 3.3 και συγκεκριμένα στο εδάφιο *3.3.1.1 Σταθεροποιημένες Καύσεις (Καύσεις Ορυκτών Καυσίμων)*, πεδίο *Α. Απευθείας Μέτρηση Εκπομπών* CO_2, εξισώσεις (1), (2), (3) και (4) της παρούσας εργασίας, και δεν θα αναλυθούν περαιτέρω εδώ.

Στην Εικόνα 4.4 απεικονίζεται το συσγκεκριμένο πεδίο:

1. ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΚΑΥΣΕΙΣ

1α. ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΚΑΥΣΕΙΣ (Απευθείας μέτρηση εκπομπών)

Κατάσταση καυσαερίων	Μέση περιεκτικότητα σε υγρασία (%)	Ογκομετρικός ρυθμός καυσαερίων (πραγματικές συνθήκες) (m³/h)	Απόλυτη πίεση καυσαερίων (bar)	Θερμοκρασία καυσαερίων (°C)	Όγκος Καυσαερίου / Μικτή Θερμιδική Αξία καυσίμου (m³/kg)	Όγκος CO_2 / Μικτή Θερμιδική Αξία καυσίμου (m³/kg)	Μέση συγκέντρωση O_2 στο καυσαέριο (ξηρή κατάσταση)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (t/h)
Υγρή	8,00%	1	1	1	1	1	1,00%	0,026365148
Υγρή Ξηρή								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
Συνολικές Εκπομπές:								0,026365148

1. Σταθ. Καύσεις | 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση | 3. Ψύξη_AC | 4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο

Εικόνα 4.4 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *1.α Σταθεροποιημένες Καύσεις (Απευθείας Μέτρηση Εκπομπών)*, Ενότητα *1. Σταθεροποιημένες Καύσεις* του προγράμματος MyCarbonFtprint

1.β Σταθεροποιημένες Καύσεις (Υπολογισμός με Αντιπροσωπευτικά Δεδομένα)

Το πεδίο αυτό απευθύνεται σε χρήστες που, για την καύση που τους ενδιαφέρει να υπολογίσουν το αποτύπωμα άνθρακα, γνωρίζουν το καύσιμο που χρησιμοποιήθηκε, την ποσότητα του καυσίμου που καταναλώθηκε καθώς και την περιεκτικότητα του σε άνθρακα.

Προκειμένου να είναι ακριβέστερα τα αποτελέσματα, το MyCarbonFtprint δίνει στον χρήστη τη δυνατότητα να επιλέξει περισσότερα στοιχεία για τον τύπο του καυσίμου που καταναλώθηκε. Συγκεκριμένα, ο χρήστης έχει να επιλέξει ανάμεσα στα καύσιμα:

- Πετρέλαιο: Επιπλέον στοιχεία είναι το είδος του πετρελαίου που χρησιμοποιήθηκε (αργό πετρέλαιο, βενζίνη κινητήρα, βενζίνη αεροπορικού κινητήρα, βενζίνη αεριωθούμενου, κηροζίνη αεριωθούμενου, κηροζίνη, Diesel, αιθάνιο, λιπαντικά πετρελαίου, νάφθα, κωκ πετρελαίου, αέριο διυλιστηρίου, κερί παραφίνης, άλλα προϊόντα πετρελαίου)
- Γαιάνθρακας: Επιπλέον στοιχεία είναι το είδος του γαιάνθρακα που χρησιμοποιήθηκε (ανθρακίτης, οπτάνθρακας, λιγνίτης, κωκ λιγνίτη, κωκ βενζίνης, ανθρακόπισσα)
- Φυσικό Αέριο
- Βιομάζα: Επιπλέον στοιχεία είναι το είδος της βιομάζας που χρησιμοποιήθηκε (Ξύλο/Απόβλητα ξύλου, ξυλάνθρακας, βιοβενζίνη, βιοντίζελ, άλλα υγρά βιοκαύσιμα, αέρια Χ.Υ.Τ.Α. , άλλα βιοαέρια, τύρφη)
- Λοιπά Απόβλητα: Επιπλέον στοιχεία είναι το είδος των αποβλήτων που χρησιμοποιήθηκαν (αστικά, βιομηχανικά, χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια)

Το MyCarbonFtprint υπολογίζει τις εκπομπές που προκύπτουν σε αυτή την περίπτωση σύμφωνα με τη μεθοδολογία που προτείνει το Πρωτόκολλο The Greenhouse Gas Protocol (GHGP). Το σκεπτικό και οι σχέσεις στα οποία βασίζεται ο υπολογισμός έχουν αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3, Ενότητα 3.3 και συγκεκριμένα στο εδάφιο *3.3.1.1 Σταθεροποιημένες Καύσεις (Καύσεις Ορυκτών Καυσίμων)*, πεδίο *Β. Υπολογισμός Εκπομπών CO_2 με βάση Αντιπροσωπευτικά Δεδομένα*, εξισώσεις (5) και (6) της παρούσας εργασίας, και δεν θα αναλυθούν περαιτέρω εδώ.

Όσον αφορά τον Συντελεστή Οξείδωσης της καύσης, έχουν υιοθετηθεί οι συντελεστές που προτείνει η IPCC, δηλαδή θα είναι:

Τύπος καυσίμου	Συντελεστής Οξείδωσης
Γαιάνθρακας	0,98
Πετρέλαιο, Βιομάζα, Λοιπά Απόβλητα	0,99
Φυσικό αέριο	99,5

Πίνακας 4.1 – Συντελεστής Οξείδωσης του MyCarbonFtprint για του τύπους καυσίμων [Πηγή: IPCC, GHG Protocol]

Η ποσότητα του καυσίμου που καταναλώθηκε μπορεί να είναι εκφρασμένη σε μονάδας μάζας (kg ή τόνοι), σε μονάδες όγκου (m^3 ή λίτρα) ή σε μονάδες ενέργειας (MJ/kg). Για τον υπολογισμό των εκπομπών το MyCarbonFtprint χρησιμοποιεί επίσης τη θερμιδική αξία του καυσίμου που χρησιμοποιήθηκε. Η Θερμιδική Αξία των καυσίμων είναι εκφρασμένη σε MJ/ kg και βρίσκεται στο Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *8.Συντ.Εκπομπής*. Αναλυτικότερα θα αναφερθούμε στην αντίστοιχη ενότητα του κεφαλαίου.

Στην Εικόνα 4.5 απεικονίζεται το πεδίο 1.β:

1β. ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΚΑΥΣΕΙΣ (Υπολογισμός με αντιπροσωπευτικά δεδομένα)										
Κατηγορία Καυσίμου	Τύπος Καυσίμου	Ποσότητα καιόμενου καυσίμου	Μονάδα μέτρησης ποσότητας	Θερμιδική Αξία Καυσίμου (MJ/kg)	Περιεκτικότητα καυσίμου σε άνθρακα	Μονάδες Περιεκτικότητας	Συντελεστής Οξείδωσης	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι -t)	Συνολικές Εκπομπές CH_4 (kg)	Συνολικές Εκπομπές N_2O (kg)
Πετρέλαιο	Βενζίνη Κινητήρα	50	Λίτρα (L)	44,3		t/L	0,99	0	0	0
				0		0	0	0	0	0
				0		0	0	0	0	0
				0		0	0	0	0	0
				0		0	0	0	0	0
				0		0	0	0	0	0
				0		0	0	0	0	0
				0		0	0	0	0	0
				0		0	0	0	0	0
				0		0	0	0	0	0
				0		0	0	0	0	0
				0		0	0	0	0	0
				0		0	0	0	0	0
				0		0	0	0	0	0
				0		0	0	0	0	0
Συνολικές Εκπομπές:								0	0	0

1. Σταθ. Καύσεις | 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση | 3. Ψύξη_AC | 4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο

Εικόνα 4.5 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *1.β Σταθεροποιημένες Καύσεις (Υπολογισμός με Αντιπροσωπευτικά Δεδομένα)*, Ενότητα *1. Σταθεροποιημένες Καύσεις* του προγράμματος MyCarbonFtprint

4.1.2 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση*

Το συγκεκριμένο Φύλλο του MyCarbonFtprint μπορεί να χρησιμοποιηθεί από όλους τους χρήστες του προγράμματος που επιθυμούν να υπολογίσουν το αποτύπωμα άνθρακα τους που προκύπτει από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και τη θέρμανση.

Έχει επομένως δύο υποενότητες: μία που υπολογίζει τις εκπομπές του CO_2 που προκύπτουν από τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και μία που υπολογίζει τις εκπομπές του CO_2 που προκύπτουν από τη θέρμανση ενός χώρου με τίτλους *2.1 Ηλεκτρισμός* και *2.2 Θέρμανση* αντίστοιχα.

Όμως, σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιείται το φυσικό αέριο τόσο για την κάλυψη αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας, όσο και θερμικής ενέργειας. Γι' αυτό το λόγο στο συγκεκριμένο Φύλλο Εργασίας υπάρχει και μία τρίτη υποενότητα με τίτλο 2*.3 Φυσικό Αέριο*, στην οποία ο χρήστης υπολογίζει ξεχωριστά τις εκπομπές που προκύπτουν από την κατανάλωση φυσικού αερίου.

Στην ενότητα αυτή λοιπόν θα αναλύσουμε τον τρόπο υπολογισμού που χρησιμοποιήθηκε στο Πρόγραμμα.

4.1.2.1 Ηλεκτρισμός

Αυτό το τμήμα του προγράμματος υπολογίζει το αποτύπωμα άνθρακα που δημιουργεί η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και απευθύνεται σε επιχειρήσεις, οργανισμούς, οικιακούς χρήστες και γενικότερα όλους τους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μπορούμε να θεωρήσουμε ότι σχετίζεται με το δευτερεύον αποτύπωμα. Επειδή όμως σε πολλές περιπτώσεις είναι η βασικότερη πηγή εκπομπής CO_2, δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στον υπολογισμό των εκπομπών της.

Ο υπολογισμός λοιπόν του αποτυπώματος άνθρακα από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει από τη σχέση:

Κατανάλωση Ηλ.Ενέργειας × Συντελεστής Εκπομπής = Εκπομπές CO_2

Συγκεκριμένα, ο χρήστης θα πρέπει να γνωρίζει και να εισάγει την ποσότητα της Ηλεκτρικής Ενέργειας που κατανάλωσε σε kWh ή MWh. Την ποσότητα μπορεί να τη βρει από τον λογαριασμό που του δίνει ο Πάροχος Ηλεκτρικής Ενέργειας (π.χ. Δ.Ε.Η. για την Ελλάδα). Μπορεί να αναφέρεται σε τρίμηνη, ετήσια κ.ά. βάση, ανάλογα με την επιθυμία του χρήστη.

Η κατανάλωση θα πολλαπλασιάζεται με έναν Συντελεστή Εκπομπής (Σ.Ε.) που διαφέρει ανάλογα με τη χώρα στην οποία γίνεται η κατανάλωση. Οι Σ.Ε. που χρησιμοποιούνται στο MyCarbonFtprint είναι εκφρασμένοι σε kg CO_2/ kWh και βρίσκονται στο Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *8.Συντ.Εκπομπής*. Αναλυτικότερα στους Σ.Ε. και τις πηγές προέλευσης τους θα αναφερθούμε στην αντίστοιχη ενότητα του κεφαλαίου.

Στην Εικόνα 4.6 απεικονίζεται το πεδίο 2.1 του MyCarbonFtprint:

2.1 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

2.1 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ				
Χώρα	Συντελεστής Εκπομπής (kg/kWh)	Κατανάλωση	Μονάδα Μέτρησης	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)
				0
Ελβετία				0
Ελλάδα				0
Εστονία				0
Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα				0
Ηνωμένο Βασίλειο				0
Ιαπωνία				0
Ινδία				0
Ινδονησία				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
Συνολικές Εκπομπές:				0

1. Σταθ. Καύσεις | 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση | 3. Ψύξη_AC | 4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσει

Εικόνα 4.6 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *2.1 Ηλεκτρισμός*, Ενότητα *2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση* του προγράμματος MyCarbonFtprint

4.1.2.2 Θέρμανση

Σχετικά με τη θέρμανση, το MyCarbonFtprint απευθύνεται κυρίως σε οικιακούς χρήστες αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και γενικότερα για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα που προκύπτει από την θέρμανση οποιουδήποτε χώρου ή εγκατάστασης.

Ο υπολογισμός λοιπόν του αποτυπώματος άνθρακα από τη θέρμανση μιας εγκατάστασης προκύπτει από τη σχέση:

Κατανάλωση Καυσίμου × Συντελεστής Εκπομπής = Εκπομπές $CO_2/CH_4/N_2O$

Για να υπολογίσει το MyCarbonFtprint τις εκπομπές που προκύπτουν τη θέρμανση μιας εγκατάστασης, θα πρέπει ο χρήστης να γνωρίζει κατ' αρχήν το καύσιμο που χρησιμοποιήθηκε. Ως καύσιμο για θέρμανση, στο MyCarbonFtprint ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε: Κάρβουνο, Ξύλο και Πετρέλαιο Θέρμανσης. Επίσης, θα πρέπει να γνωρίζει την ποσότητα του καυσίμου που καταναλώθηκε για μία συγκεκριμένη περίοδο ενδιαφέροντος.

Η κατανάλωση θα πολλαπλασιάζεται με έναν Σ.Ε. που διαφέρει ανάλογα με το καύσιμο που χρησιμοποιείται. Ο Σ.Ε. δείχνει πόσα kg αερίου του θερμοκηπίου παράγονται για κάθε μονάδα του καυσίμου που καταναλώνεται.

Για λόγους απλότητας και ευχρηστίας δεν εμφανίζονται στον χρήστη του MyCarbonFtprint οι Σ.Ε. που χρησιμοποιούνται. Στην Ενότητα αυτή όμως γίνεται εκτενής αναφορά στους Σ.Ε. που χρησιμοποιεί καθώς και στο πως αυτοί προέκυψαν.

Ο υπολογισμός λοιπόν των Σ.Ε. για κάθε τύπο καυσίμου χωριστά είναι:

Κάρβουνο

Στο MyCarbonFtprint ο χρήστης μπορεί να εισάγει την ποσότητα που καταναλώθηκε μόνο σε τόνους (t).

Οι Σ.Ε. του CO_2 για το κάρβουνο διαφέρουν ανάλογα με τη χώρα από την οποία προέρχεται, μιας και σε κάθε χώρα παράγεται κάρβουνο διαφορετικής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Συγκεκριμένα, έχοντας κάνει τις απαραίτητες μετατροπές έχουμε ότι:

- Σύμφωνα με την EIA, το κάρβουνο που χρησιμοποιείται για οικιακή χρήση εκπέμπει 0,3258 kg CO_2 / kWh, με κατανάλωση 7,853 kWh / kg καυσίμου.

- Σύμφωνα με την IPCC, της οποίας οι συντελεστές γίνονται κυρίως αποδεκτοί από τις χώρες της Ε.Ε., το κάρβουνο που χρησιμοποιείται για οικιακή χρήση εκπέμπει 0,4032 kg CO_2 / kWh και με κατανάλωση 8,194 kWh / kg καυσίμου.

Βλέπουμε δηλαδή κάνοντας τον απαραίτητο πολλαπλασιασμό ότι προκύπτουν οι εξής συντελεστές μετατροπής:

EIA → 2,56 kg CO_2 / kg

IPCC → 3,304 kg CO_2 / kg

Στο MyCarbonFtprint για λόγους απλότητας θα θεωρήσουμε ως Σ.Ε. τον Μέσο Όρο των συντελεστών οπότε θεωρούμε ότι με τη χρήση κάρβουνου παράγονται:

2,93 kg CO_2 / kg καιόμενου κάρβουνου

Για τα υπόλοιπα αέρια του θερμοκηπίου, οι Σ.Ε. που είναι διαθέσιμοι για το κάρβουνο από κάθε οργανισμό είναι:

EIA → 1,027 g CH_4 / kg και 0,005 g N_2O / kg

IPCC → 0,72 g CH_4 / kg και 0,004 g N_2O / kg

Στο MyCarbonFtprint για λόγους απλότητας θα θεωρήσουμε ως Σ.Ε. τον Μέσο Όρο των συντελεστών οπότε θεωρούμε ότι με τη χρήση φυσικού αερίου παράγονται:

0,87 g CH_4 / kg καιόμενου κάρβουνου

και

0,0045 g N_2O / kg καιόμενου κάρβουνου.

Ξύλο

Στο MyCarbonFtprint ο χρήστης μπορεί να εισάγει την ποσότητα που καταναλώθηκε μόνο σε τόνους (t).

Ο Σ.Ε. του CO_2 για την καύση ξύλου προκύπτει σύμφωνα με τα δεδομένα της IPCC, όπου θα ισχύει ότι παράγονται 1,75 kg CO_2 / kg καιόμενου ξύλου. Επειδή όμως τα φυτά καθώς μεγαλώνουν απορροφούν την ποσότητα του CO_2 που εν τέλει εκπέμπουν κατά την καύση τους, θα θεωρήσουμε ότι συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου μόνο κατά 20%. Έτσι θεωρούμε ότι παράγονται:

0,35 kg CO_2 / kg καιόμενου ξύλου

Για τα υπόλοιπα αέρια του θερμοκηπίου οι συντελεστές που είναι διαθέσιμοι από κάθε οργανισμό για το ξύλο είναι:

EIA → 0,863g CH_4 / kg και 0,011 g N_2O / kg

IPCC → 1,08 g CH_4 / kg και 0,014 g N_2O / kg

Στο MyCarbonFtprint θα θεωρήσουμε ως Σ.Ε. τον Μέσο Όρο των συντελεστών οπότε θεωρούμε ότι με τη χρήση ξύλου παράγονται:

0,972 g CH_4 / kg καιόμενου ξύλου

και

0,0125 g N_2O / kg καιόμενου ξύλου.

Πετρέλαιο Θέρμανσης

Για να υπολογίσει ο χρήστης το αποτύπωμα άνθρακα που προέκυψε από την κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης, θα πρέπει να εισάγει την ποσότητα που καταναλώθηκε μόνο σε λίτρα (L).

Η θέρμανση παράγεται σε παγκόσμια κλίμακα από μία ποικιλία καυσίμων και τεχνολογιών. Επομένως δεν είναι εύκολο να καθοριστεί ένας μόνο Σ.Ε. στα πλαίσια μιας χώρας, πόσο μάλλον σε διεθνές επίπεδο. Παρατηρήσαμε λοιπόν ότι οι Σ.Ε. του CO_2 για το πετρέλαιο θέρμανσης παρουσιάζουν αποκλίσεις ακόμα και ανάμεσα στους διάφορους οργανισμούς. Αντιπροσωπευτικοί Σ.Ε. είναι οι:

EIA → 2,68 kg CO_2 / L πετρελαίου

IPCC → 2,98 kg CO_2 / L πετρελαίου

Στο MyCarbonFtprint για λόγους απλότητας και ευχρηστίας θα θεωρήσουμε ως Σ.Ε. τον Μέσο Όρο των συντελεστών, οπότε θεωρούμε ότι με τη χρήση πετρελαίου θέρμανσης παράγονται:

2,83 kg CO_2 / L καιόμενου πετρελαίου

Για τα άλλα αέρια του θερμοκηπίου διατίθενται συντελεστές μόνο από την EIA, τους οποίους θα υιοθετήσουμε και στο δικό μας εργαλείο και είναι οι:

0,406 g CH_4 / L καιόμενου πετρελαίου

και

0,002 g N_2O / L καιόμενου πετρελαίου.

[Οι Σ.Ε. της Υπηρεσίας Διαχείρισης Ενεργειακών Πληροφοριών των Η.Π.Α. (U.S. Energy Information Administration – EIA) που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς των Σ.Ε. αυτής της Ενότητας προέρχονται από το Documentation For Emissions Of Greenhouse Gases in the United States, October 2007]

Στην Εικόνα 4.7 απεικονίζεται το πεδίο 2.2 του MyCarbonFtprint:

2.2 ΘΕΡΜΑΝΣΗ

2.2 ΘΕΡΜΑΝΣΗ					
Καύσιμο	Κατανάλωση	Μονάδα Μέτρησης	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)	Συνολικές Εκπομπές CH_4 (kg)	Συνολικές Εκπομπές N_2O (kg)
Κάρβουνο		t (τόνοι)	0	0	0
Συνολικές Εκπομπές:			0	0	0

Κάρβουνο
Ξύλο
Πετρέλαιο Θέρμανσης

1. Σταθ. Καύσεις | 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση | 3. Ψύξη_AC | 4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο

Εικόνα 4.7 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *2.2 Θέρμανση*, Ενότητα *2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση* του προγράμματος MyCarbonFtprint

4.1.2.1 Φυσικό Αέριο

Όπως προαναφέραμε, το Φυσικό Αέριο χρησιμοποιείται τόσο για τη θέρμανση όσο και τον ηλεκτρισμό μιας εγκατάστασης, γι' αυτό και υπάρχει ξεχωριστό πεδίο υπολογισμού για την κατανάλωση του. Η συγκεκριμένη υποενότητα του MyCarbonFtprint απευθύνεται τόσο σε χρήστες που ενδιαφέρονται να υπολογίσουν το αποτύπωμα άνθρακα που προκύπτει από τη χρήση φυσικού αερίου για μια οποιαδήποτε εγκατάσταση.

Η ποσότητα του Φυσικού Αερίου που καταναλώθηκε αναγράφεται στον λογαριασμό που δίνει στον χρήστη ο Πάροχος του Φυσικού Αερίου. Στο MyCarbonFtprint ο χρήστης μπορεί να εισάγει την ποσότητα που καταναλώθηκε μόνο σε kWh.

Ο υπολογισμός λοιπόν του αποτυπώματος άνθρακα από την κατανάλωση Φυσικού Αερίου προκύπτει από τη σχέση:

Κατανάλωση Φ.Α. × Συντελεστής Εκπομπής = Εκπομπές CO_2/CH_4/N_2O

Ο Σ.Ε. για το CO_2 εξαρτάται από τη σύνθεση που θα έχει το φυσικό αέριο και κατ' επέκταση από την προέλευση του. Για παράδειγμα, η Ελλάδα προμηθεύεται φυσικό αέριο από τη Ρωσία και την Αλγερία. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι οι εκπομπές που προκύπτουν από τη χρήση φυσικού αερίου θα παρουσιάζουν απόκλιση ακόμα και ανάμεσα στα διάφορα μέρη μιας χώρας. Επειδή όμως αν λαμβάναμε υπ' όψιν μας όλους τους παράγοντες ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα θα ήταν εξαιρετικά πολύπλοκος, έχει γίνει μία παγκόσμια παραδοχή και έχει υπολογιστεί ένας Σ.Ε. για κάθε χώρα.

Στον Πίνακα 4.2 απεικονίζονται οι Σ.Ε. για τις περισσότερες χώρες της Ευρώπης και τις Η.Π.Α. καθώς και ο οργανισμός από τον οποίο προέρχονται, έχοντας κάνει πρώτα τις απαραίτητες μετατροπές των μονάδων:

Χώρα	Συντελεστής Εκπομπής (τόνοι CO_2 / TJoule)	Προέλευση Συντελεστών
Προεπιλογή IPCC	56,1	IPCC
Αυστρία	56,1	IPCC
Βέλγιο	56,1	IPCC
Γαλλία	56,1	IPCC
Γερμανία	56	IPCC
Δανία	57,3	IPCC
Ελλάδα	56,1 54,44	IPCC KENAK (ΦΕΚ 407/9-4-10)
Ηνωμένο Βασίλειο	58,3	IPCC
Η.Π.Α.	50,8	EIA
Ιρλανδία	54,9	IPCC
Ισπανία	56,6	IPCC
Ιταλία	55,8	IPCC
Ολλανδία	56,1	IPCC
Πορτογαλία	53,1	IPCC
Σουηδία	56,5	IPCC

Πίνακας 4.2 - Συντελεστές Εκπομπής Φυσικού Αερίου σε διάφορες χώρες και η πηγή προέλευσης τους [Πηγή: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) – U.S. Energy Information Administration (EIA)]

Για το MyCarbonFtprint, ο χρήστης επομένως πρέπει να γνωρίζει την χώρα για την οποία γίνεται ο υπολογισμός. Για την Ελλάδα, θα λάβουμε υπ' όψιν μας την τιμή που δίνει ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) με το ΦΕΚ 407/9-4-10. Συγκεκριμένα, ο ΚΕΝΑΚ ορίζει 0,196 kg CO_2 / kWh, που ε τις απαραίτητες μετατροπές γίνεται 54,4 t CO_2 / TJ. Για τις υπόλοιπες χώρες θα λάβουμε υπ' όψιν μας τις τιμές του Πίνακα 4.2.

Προκειμένου να είναι πιο απλή η διαδικασία υπολογισμού των εκπομπών, για όλες τις χώρες που δεν βρίσκονται στον Πίνακα 4.2, θα θεωρήσουμε ως Σ.Ε. τον Μέσο Όρο όλων των συντελεστών που χρησιμοποιούνται. Κάνοντας λοιπόν τις απαραίτητες μετατροπές μονάδων βρίσκουμε ότι παράγονται:

55,8 τόνοι CO_2 / TJoule ή 0,2 kg CO_2 / kWh

Για τα υπόλοιπα αέρια του θερμοκηπίου, οι Σ.Ε. που είναι διαθέσιμοι για το Φυσικό Αέριο από κάθε οργανισμό (ανεξάρτητα της χώρας υπολογιμσού) είναι:

EIA → 0,017 g CH_4 / kWh και 0,0003 g N_2O / kWh

IPCC → 0,018 g CH_4 / kWh και 0,0004 g N_2O / kWh

Στο MyCarbonFtprint για λόγους απλότητας θα θεωρήσουμε ως Σ.Ε. τον Μέσο Όρο των συντελεστών οπότε θεωρούμε ότι με τη χρήση φυσικού αερίου παράγονται:

0,0175 g CH_4 / kWh και **0,00035 g N_2O / kWh**

Στην Εικόνα 4.8 απεικονίζεται το πεδίο 2.3 του MyCarbonFtprint:

2.3 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

2.3 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ				
Χώρα	Κατανάλωση (kWh)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)	Συνολικές Εκπομπές CH_4 (kg)	Συνολικές Εκπομπές N_2O (kg)
Ελλάδα	10.000	2,019599998	0,175	0,0035
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
Συνολικές Εκπομπές:		2,019599998	0,175	0,0035

Γερμανία
Δανία
Ελλάδα
Ηνωμένο Βασίλειο
Η.Π.Α.
Ιρλανδία
Ισπανία
Ιταλία

1. Σταθ. Καύσεις | 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση | 3. Ψύξη_AC | 4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις

Εικόνα 4.8 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *2.3 Φυσικό Αέριο*, Ενότητα *2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση* του προγράμματος MyCarbonFtprint

4.1.3 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: 3. Ψύξη_AC

Το τρίτο Φύλλο εργασίας του MyCarbonFtprint υπολογίζει τις εκπομπές του CO_2 που προκύπτουν από τη χρήση ψυκτικού υγρού σε συστήματα ψύξης και κλιματισμού. Απευθύνεται επομένως σε όλους τους επαγγελματίες χρήστες που διαθέτουν συστήματα ψύξης και κλιματισμού αλλά και στους οικιακούς χρήστες που ενδιαφέρονται να υπολογίσουν το αποτύπωμα άνθρακα που δημιουργείται από το ψυκτικό υγρό στα συστήματα ψύξης (π.χ. ψυγείο) και κλιματισμού (Air-Condition).

Για να γίνει ο ζητούμενος υπολογισμός θα πρέπει ο χρήστης να γνωρίζει τον τύπο του εξοπλισμού για τον οποίο τον ενδιαφέρει να υπολογίσει το αποτύπωμα άνθρακα. Το MyCarbonFtprint δίνει τη δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε:

- Οικιακή Ψύξη
- Αυτόνομες Εμπορικές Εφαρμογές
- Μεσαία και Μεγάλη Εμπορική Ψύξη
- Ψύξη συστημάτων Μεταφοράς
- Βιομηχανική Ψύξη
- Οικιακά και Εμπορικά A/C
- Κινητά A/C

Το βασικότερο στοιχείο όμως το οποίο πρέπει να γνωρίζει ο χρήστης προκειμένου να υπολογίσει τις εκπομπές που προκύπτουν είναι ο τύπος του ψυκτικού που χρησιμοποιείται σε κάθε εξοπλισμό. Τα ψυκτικά ανάμεσα στα οποία μπορεί να επιλέξει ο χρήστης καθώς και τα αντίστοιχα GWP τους βρίσκονται στο Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *8.Συντ.Εκπομπής*. Αναλυτικότερα θα αναφερθούμε σε αυτά στην αντίστοιχη ενότητα του κεφαλαίου.

Το MyCarbonFtprint υπολογίζει τις εκπομπές που προκύπτουν από τη χρήση ψυκτικού υγρού σύμφωνα με τη μεθοδολογία που προτείνει το Πρωτόκολλο The Greenhouse Gas Protocol (GHGP). Το σκεπτικό και οι σχέσεις στα οποία βασίζεται ο υπολογισμός έχουν αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3, Ενότητα 3.3 και συγκεκριμένα στο εδάφιο *3.3.1.3 Ψύξη και Κλιματισμός*, με τις εξισώσεις (9), (10), (11), (12), (13) και (14) της παρούσας εργασίας, και δεν θα αναλυθούν περαιτέρω εδώ.

Το Φύλλο αυτό χωρίζεται σε τρεις υποενότητες, κάθε μία από τις οποίες σχετίζεται με τον εξοπλισμό και τις διαθέσιμες πληροφορίες υπολογισμού που έχει ο χρήστης. Επειδή η συντήρηση ενός εξοπλισμού είναι μία πολύπλοκη διαδικασία, οι περισσότεροι κάτοχοι εξοπλισμού ψύξης και κλιματισμού αναθέτουν τη συντήρηση σε ειδικούς. Ανάλογα λοιπόν με τα διαθέσιμα στοιχεία μπορεί ο χρήστης να

υπολογίσει το αποτύπωμα άνθρακα χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο πεδίο του MyCarbonFtprint.

4.1.3.1 Εκπομπές Εγκατάστασης, Λειτουργίας και Διάθεσης

Οι πληροφορίες σε αυτή την υποενότητα εισάγονται στο πρόγραμμα από τον χρήστη που γνωρίζει όλα τα στοιχεία που σχετίζονται με τη συναρμολόγηση, την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τη διάθεση του εξοπλισμού. Χωρίζεται περαιτέρω στα εξής τρία πεδία για καθένα από τα παραπάνω στάδια του κύκλου ζωής:

α. Ψύξη και Κλιματισμός (Συναρμολόγηση/Εγκατάσταση)

Εδώ υπολογίζονται οι εκπομπές CO_2 κατά τη συναρμολόγηση ή την εγκατάσταση του εξοπλισμού και ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει το Ψυκτικό Φορτίο και την Ετήσια Διαρροή. Η εξίσωση υπολογισμού είναι η εξίσωση (10) που βρίσκεται στο εδάφιο *3.3.1.3 Ψύξη και Κλιματισμός*, της παρούσας εργασίας.

Στην Εικόνα 4.9 απεικονίζεται το πεδίο 3.1.α του MyCarbonFtprint:

3.1. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ

3.1.α. ΨΥΞΗ & ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ (Συναρμολόγηση/Εγκατάσταση)

Τύπος Εξοπλισμού	Μονάδες Εξοπλισμού	Τύπος Ψυκτικού	GWP ψυκτικού	Ψυκτικό Φορτίο (kg)	Ετήσια Διαρροή (%)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
Συνολικές Εκπομπές:						**0**

Οικιακή Ψύξη
Αυτόνομες Εμπορικές Εφαρμογές
Μεσαία και Μεγάλη Εμπορική Ψύξη
Ψύξη Συστημάτων Μεταφοράς
Βιομηχανική Ψύξη
Οικιακά και Εμπορικά A/C
Κινητά A/C

1. Σταθ. Καύσεις | 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση | 3. Ψύξη_AC | 4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο

Εικόνα 4.9 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *3.1.α Ψύξη & Κλιματισμός (Συναρμολόγηση/Εγκατάσταση)*, Ενότητα *3. Ψύξη_AC* του προγράμματος MyCarbonFtprint

β. Ψύξη και Κλιματισμός (Λειτουργία)

Σε αυτό το πεδίο ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει το Ψυκτικό Φορτίο και την Ετήσια Διαρροή προκειμένου να υπολογίσει τις εκπομπές CO_2 που προκύπτουν όταν λειτουργεί ο εξοπλισμός. Η εξίσωση υπολογισμού είναι η εξίσωση (11) που βρίσκεται στο εδάφιο *3.3.1.3 Ψύξη και Κλιματισμός*, της παρούσας εργασίας.

Στην Εικόνα 4.10 απεικονίζεται το πεδίο 3.1.β του MyCarbonFtprint:

3.1.β. ΨΥΞΗ & ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ (Λειτουργία)

Τύπος Εξοπλισμού	Μονάδες Εξοπλισμού	Τύπος Ψυκτικού	GWP ψυκτικού	Ψυκτικό Φορτίο (kg)	Ετήσια Διαρροή (%)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)
Οικιακά και Εμπορικά A/C	2		0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
			0			0
Συνολικές Εκπομπές:						0

CO2
CH4
N2O
HFC-23
HFC-32
HFC-125
HFC-134a
HFC-143a

1. Σταθ. Καύσεις | 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση | 3. Ψύξη_AC | 4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο

Εικόνα 4.10 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *3.1.β Ψύξη & Κλιματισμός (Λειτουργία)*, Ενότητα *3. Ψύξη_AC* ου προγράμματος MyCarbonFtprint

γ. Ψύξη και Κλιματισμός (Διάθεση)

Εδώ υπολογίζονται οι εκπομπές CO_2 κατά τη διάθεση του εξοπλισμού και ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει το Ψυκτικό Φορτίο, την Ετήσια Διαρροή, το διάστημα που πέρασε από το τελευταίο γέμισμα, το ποσοστό του γεμίσματος που έχει ανακυκλωθεί και την ποσότητα του ψυκτικού που έχει καταστραφεί. Η εξίσωση υπολογισμού είναι η εξίσωση (12) που βρίσκεται στο εδάφιο *3.3.1.3 Ψύξη και Κλιματισμός*, της παρούσας εργασίας.

Στην Εικόνα 4.11 απεικονίζεται το πεδίο 3.1.γ του MyCarbonFtprint:

3.1.γ. ΨΥΞΗ & ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ (Διάθεση)

MyCarbonFtprint: Εισαγωγή από Αριθμολόγιο

Τύπος Εξοπλισμού	Μονάδες Εξοπλισμού	Τύπος Ψυκτικού	GWP ψυκτικού	Ψυκτικό Φορτίο (kg)	Διαρροή (%)	...πό το ...αίο γέμισμα (χρόνια)	Ανακυκλωμένο γέμισμα (%)	Ψυκτικό που έχει καταστραφεί	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)
Οικιακή Ψύξη		R-504	313,3						0
			0						0
			0						0
			0						0
			0						0
			0						0
			0						0
			0						0
			0						0
			0						0
			0						0
			0						0
			0						0
			0						0
			0						0
Συνολικές Εκπομπές:									**0**

1. Σταθ. Καύσεις | 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση | **3. Ψύξη_AC** | 4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο

Εικόνα 4.11 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *3.1.α Ψύξη & Κλιματισμός (Διάθεση)*, Ενότητα *3. Ψύξη_AC* του προγράμματος MyCarbonFtprint

4.1.3.2 Προσέγγιση Εκπομπών με βάση τις Πωλήσεις

Το συγκεκριμένο πεδίο του MyCarbonFtprint υπολογίζει τις εκπομπές του CO_2 που δημιουργούνται από συστήματα ψύξης και κλιματισμού όταν οι πληροφορίες που διαθέτει ο χρήστης σχετίζονται με την ποσότητα του ψυκτικού που αγοράστηκε. Συγκεκριμένα, σε αυτό το πεδίο ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει τις ποσότητες των ψυκτικών που αγοράστηκαν και πουλήθηκαν και την ποσότητα του ψυκτικού που υπήρχε στην αρχή και στο τέλος της περιόδου καταγραφής.

Σε όλους τους εξοπλισμούς ψύξης και κλιματισμού πρέπει να ανανεώνεται το ψυκτικό ανά έτος, γι' αυτό και οι περίοδοι καταγραφής όλων των δεδομένων σε αυτή την Ενότητα είναι το ένα έτος. Η εξίσωση υπολογισμού είναι η εξίσωση (13) που βρίσκεται στο εδάφιο *3.3.1.3 Ψύξη και Κλιματισμός*, της παρούσας εργασίας.

4.1.3.3 Προσέγγιση Εκπομπών με βάση τον Κύκλο Ζωής

Εδώ υπολογίζονται οι ετήσιες εκπομπές του CO_2 όταν η επισκευή του εξοπλισμού έχει ανατεθεί σε εργολάβο. Ο χρήστης πρέπει επιπρόσθετα να γνωρίζει την ποσότητα του ψυκτικού που χρησιμοποιήθηκε για το γέμισμα και την επισκευή του εξοπλισμού. Η εξίσωση υπολογισμού είναι η εξίσωση (14) που βρίσκεται στο εδάφιο *3.3.1.3 Ψύξη και Κλιματισμός*, της παρούσας εργασίας.

Στις Εικόνες 4.12 και 4.13 απεικονίζεται τα πεδία 3.2 και 3.3 αντίστοιχα του MyCarbonFtprint:

3.2. ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΠΩΛΗΣΕΙΣ

3.2 ΨΥΞΗ & ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ (Βάσει Πωλήσεων)

Τύπος Εξοπλισμού	Τύπος Ψυκτικού	GWP ψυκτικού	Αρχική Ποσότητα Ψυκτικού (kg)	Τελική Ποσότητα Ψυκτικού (kg)	Ψυκτικό που αποκτήθηκε (kg)	Ψυκτικό που πουλήθηκε (kg)	Συνολικό Πλήρες Φορτίο (κατάλληλο πλήρες γέμισμα)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 ετησίως (τόνοι)
Οικιακά και Εμπορικά A/C	R-402B	1064	500	300	580	350	120	329,84
		0						0
		0						0
		0						0
		0						0
		0						0
		0						0
		0						0
		0						0
		0						0
		0						0
		0						0
		0						0
		0						0
		0						0
Συνολικές Εκπομπές:								**329,84**

Οικιακή Ψύξη
Αυτόνομες Εμπορικές Εφαρμογές
Μεσαία και Μεγάλη Εμπορική Ψύξη
Ψύξη Συστημάτων Μεταφοράς
Βιομηχανική Ψύξη
Οικιακά και Εμπορικά A/C
Κινητά A/C

1. Σταθ. Καύσεις | 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση | 3. Ψύξη_AC | 4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο

Εικόνα 4.12 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *3.2 Ψύξη & Κλιματισμός (Βάσει Πωλήσεων)*, Ενότητα *3. Ψύξη_AC* του προγράμματος MyCarbonFtprint

3.3. ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΖΩΗΣ

3.3 ΨΥΞΗ & ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ (Βάσει Κύκλου Ζωής)

Τύπος Εξοπλισμού	Τύπος Ψυκτικού	GWP ψυκτικού	Ψυκτικό γεμίσματος (kg)	Ψυκτικό επισκευής (kg)	Εκπομπές Διάθεσης (kg)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 ετησίως (τόνοι)
Οικιακή Ψύξη	R-401C	21				0
		0				0
		0				0
		0				0
		0				0
		0				0
		0				0
		0				0
		0				0
		0				0
		0				0
		0				0
		0				0
		0				0
		0				0
Συνολικές Εκπομπές:						0

1. Σταθ. Καύσεις | 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση | 3. Ψύξη_AC | 4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο

Εικόνα 4.13 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *3.3 Ψύξη & Κλιματισμός (Βάσει Κύκλου Ζωής)*, Ενότητα *3. Ψύξη_AC* του προγράμματος MyCarbonFtprint

4.1.4 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *4. Μεταφορές*

Το MyCarbonFtprint απευθύνεται με το Φύλλο αυτό σε όλους τους χρήστες που επιθυμούν να υπολογίσουν το αποτύπωμα άνθρακα που προκύπτει από οποιουδήποτε τύπου μεταφορές, είτε αυτές πραγματοποιούνται με όχημα Ιδιωτικής Χρήσης είτε με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς. Σε αυτές τις μεταφορές περιλαμβάνονται ακόμα και οι μεταφορές για εμπορικούς λόγους με π.χ. φορτηγά.

Το συγκεκριμένο λοιπόν Φύλλο εργασίας χωρίζεται σε δύο υποενότητες: μία που υπολογίζει το αποτύπωμα άνθρακα για μεταφορές με όχημα Ιδιωτικής Χρήσης με τίτλο *4.1 Οχήματα* και μία που υπολογίζει το αποτύπωμα άνθρακα για μεταφορές με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς και έχει τίτλο *4.2 Μέσα Μαζικής Μεταφοράς* αντίστοιχα. Στην ενότητα αυτή θα αναλύσουμε τον τρόπο υπολογισμού που χρησιμοποιήθηκε στο Πρόγραμμα.

4.1.2.1 Οχήματα

Όπως αναφέραμε αυτό το τμήμα του MyCarbonFtprint υπολογίζει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου όταν το μέσο μεταφοράς είναι Όχημα Ιδιωτικής Χρήσης. Ο χρήστης που ενδιαφέρεται να υπολογίσει το αποτύπωμα άνθρακα του μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να θέλει να το υπολογίσει για μία γνωστή απόσταση, ενώ σε άλλες περιπτώσεις να μη γνωρίζει την απόσταση που διένυσε αλλά το καύσιμο που κατανάλωσε. Προκειμένου λοιπόν το MyCarbonFtprint να είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί από όλους τους χρήστες παρέχει πεδία υπολογισμού και για τις δύο περιπτώσεις.

α. Όχημα (Γνωστή Απόσταση)

Το πεδίο αυτό απευθύνεται μόνο σε χρήστες που γνωρίζουν την απόσταση που διένυσε το όχημα, η οποία πρέπει υποχρεωτικά να είναι εκφρασμένη σε Km. Ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα λοιπόν προκύπτει ως εξής:

Οχήματα × Απόσταση × Συντελεστής Εκπομπής = Εκπομπές CO_2

Για να υπολογίσει ο χρήστης με το MyCarbonFtprint το αποτύπωμα άνθρακα θα πρέπει επίσης να γνωρίζει τον τύπο του οχήματος με το οποίο έγινε η μεταφορά και κάποιες επιπλέον πληροφορίες. Ο χρήστης έχει να επιλέξει ανάμεσα στα εξής:

- Λεωφορείο: Το επιπλέον στοιχείο είναι το καύσιμο που καταναλώνει το Λεωφορείο (Φυσικό Αέριο, Αιθανόλη, Diesel, Βενζίνη)
- Επιβατηγό: Τα επιπλέον στοιχεία είναι το καύσιμο του αυτοκινήτου (Diesel, Βενζίνη, Άγνωστο) καθώς και το έτος κατασκευής του. Για λόγους απλότητας έχουμε δημιουργήσει μόνο τρία χρονικά διαστήματα στα οποία θα μπορούσε να είναι κατασκευασμένο το Επιβατηγό
- Ελαφρύ Φορτηγό: Τα επιπλέον στοιχεία είναι το καύσιμο του αυτοκινήτου (Φυσικό Αέριο, LPG, Αιθανόλη, Diesel, Βενζίνη, Άγνωστο) καθώς και το έτος κατασκευής του, όπου και εδώ έχουμε δημιουργήσει χρονικά διαστήματα
- Βαρύ Όχημα: Τα επιπλέον στοιχεία εδώ είναι περισσότερα. Είναι ο τύπος του οχήματος (Άκαμπτο, Αρθρωτό), το καύσιμο του αυτοκινήτου (Φυσικό Αέριο, LPG, LNG, Αιθανόλη, Diesel, Βενζίνη, Άγνωστο) καθώς και το έτος κατασκευής του. Για λόγους απλότητας έχουμε δημιουργήσει χρονικά διαστήματα
- Μοτοποδήλατο: Το επιπλέον κριτήριο εδώ είναι αν έχει γίνει έλεγχος στον καταλύτη του οχήματος ή όχι.

Οι ζητούμενες εκπομπές προκύπτουν επομένως πολλαπλασιάζοντας το πλήθος των οχημάτων που χρησιμοποιήθηκαν με την απόσταση που διανύθηκε και με έναν Σ.Ε.. Οι Σ.Ε. που χρησιμοποιούνται στο πεδίο αυτό του MyCarbonFtprint εξαρτώνται από το όχημα που χρησιμοποιήθηκε και τα υπόλοιπα κριτήρια, και είναι εκφρασμένοι σε kg CO_2/ Km και βρίσκονται στο Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *8.Συντ.Εκπομπής*. Αναλυτικότερα στους Σ.Ε. και τις πηγές προέλευσης τους θα αναφερθούμε στην αντίστοιχη ενότητα του κεφαλαίου.

Στην Εικόνα 4.14 απεικονίζεται το πεδίο 4.1.α του MyCarbonFtprint:

4.1. ΟΧΗΜΑΤΑ

4.1.α ΟΧΗΜΑ (Γνωστή Απόσταση)				
Χώρα	Όχημα - Καύσιμο - Έτος Κατασκευής Οχήματος	Αριθμός Οχημάτων	Απόσταση που πραγματοποιήθηκε (km)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)
Άλλη	Λεωφορείο - Diesel	13800	9	211,3115823
Η.Π.Α.	Βαρύ Όχημα - Αρθρωτό - Diesel (1960 - ...) (US)			0
Συνολικές Εκπομπές:				211,3115823

4. Μεταφορές / 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις / 6. Αλουμίνιο / 7. Σίδηρος_Χάλυβας / 8. Σύνολο Εκπομπών / 9. Συντ. Εκπ(

Εικόνα 4.14 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *4.1.α Οχήματα (Γνωστή Απόσταση)*, Ενότητα *4. Μεταφορές* του προγράμματος MyCarbonFtprint

β. Όχημα (Γνωστή Κατανάλωση Καυσίμου)

Το πεδίο αυτό απευθύνεται μόνο σε χρήστες που γνωρίζουν την ποσότητα του καυσίμου που κατανάλωσε το όχημα. Ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα λοιπόν προκύπτει ως εξής:

Ποσότητα Καυσίμου × Συντελεστής Εκπομπής = Εκπομπές CO_2

Συγκεκριμένα, ο χρήστης θα πρέπει να γνωρίζει και να εισάγει στο πρόγραμμα την ποσότητα του καυσίμου που καταναλώθηκε σε λίτρα (L) ή γαλόνια (Gallons). Ο χρήστης θα πρέπει επιπλέον να γνωρίζει τον τύπο του οχήματος με το οποίο έγινε η μεταφορά και κάποιες επιπλέον πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές είναι ίδιες με το πεδίο Όχημα (Γνωστή Απόσταση), γι' αυτό και δεν αναφέρονται ξανά εδώ.

Οι ζητούμενες εκπομπές προκύπτουν πολλαπλασιάζοντας την ποσότητα του καυσίμου με έναν Σ.Ε.. Οι Σ.Ε. που χρησιμοποιούνται στο πεδίο αυτό του MyCarbonFtprint εξαρτώνται από το όχημα που χρησιμοποιήθηκε και τα υπόλοιπα κριτήρια, και βρίσκονται στο Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *8.Συντ.Εκπομπής*. Αναλυτικότερα στους Σ.Ε. και τις πηγές προέλευσης τους θα αναφερθούμε στην αντίστοιχη ενότητα του κεφαλαίου.

Στην Εικόνα 4.15 απεικονίζεται το πεδίο 4.1.β του MyCarbonFtprint:

4.1.β ΟΧΗΜΑ (Γνωστή Κατανάλωση Καυσίμου)

Χώρα	Όχημα - Καύσιμο - Έτος Κατασκευής Οχήματος	Ποσότητα καυσίμου που καταναλώθηκε	Μονάδα μέτρησης Καυσίμου	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)
Η.Π.Α.	Επιβατηγό - Βενζίνη (2005 - ...) (US)	20	Λίτρα (L)	0,028923037
Άλλη				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
Συνολικές Εκπομπές:				0,028923037

Βαρύ Όχημα - Άκαμπτο - LNG
Βαρύ Όχημα - Άκαμπτο - LPG
Βαρύ Όχημα - Άκαμπτο - Αιθανόλη
Βαρύ Όχημα - Άκαμπτο - Άγνωστο καύσιμο
Βαρύ Όχημα - Αρθρωτό - Βενζίνη (1985 - 1995)
Βαρύ Όχημα - Αρθρωτό - Βενζίνη (1996 - 2004)
Βαρύ Όχημα - Αρθρωτό - Βενζίνη (2005 - ...)
Βαρύ Όχημα - Αρθρωτό - Diesel (1960 - ...)

1. Σταθ. Καύσεις | 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση | 3. Ψύξη_AC | 4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο

Εικόνα 4.15 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *4.1.β Οχήματα (Γνωστή κατανάλωση Καυσίμου)*, Ενότητα *4. Μεταφορές* του προγράμματος MyCarbonFtprint

γ. Εκπομπές CH_4 και N_2O (Για Όχημα στις Η.Π.Α. και Γνωστή Απόσταση)

Σχετικά με τις εκπομπές των CH_4 και N_2O για Οχήματα Ιδιωτικής Χρήσης, έχουν γίνει μετρήσεις και έχουν υπολογιστεί οι Σ.Ε. μόνο στις Η.Π.Α.. Γι' αυτό το συγκεκριμένο εργαλείο απευθύνεται ΜΟΝΟ σε χρήστες που θέλουν να υπολογίσουν τις εκπομπές από μια μεταφορά που έγινε στις Η.Π.Α. και είναι γνωστή η απόσταση που διανύθηκε.

Ο τρόπος υπολογισμού που χρησιμοποιεί το MyCarbonFtprint είναι ίδιος με τις εκπομπές από μεταφορά οχήματος Ιδιωτικής Χρήσης για γνωστή απόσταση, και δεν αναλύεται περαιτέρω εδώ. Η μόνη διαφορά είναι ότι εδώ ο χρήστης μπορεί να υπολογίσει το αποτύπωμα με την Απόσταση να είναι εκφρασμένη είτε σε Km είτε σε μίλια (miles). Οι Σ.Ε. που χρησιμοποιούνται βρίσκονται στο Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *8.Συντ.Εκπομπής*.

Στην Εικόνα 4.16 απεικονίζεται το πεδίο 4.1.γ του MyCarbonFtprint:

4.1.γ Εκπομπές CH_4 και N_2O (Για Όχημα στις Η.Π.Α. και Γνωστή Απόσταση)

Χώρα	Όχημα - Καύσιμο - Έτος Κατασκευής Οχήματος	Απόσταση που πραγματοποιήθηκε	Μονάδα Μέτρησης Απόστασης	Συνολικές Εκπομπές CH_4 (kg)	Συνολικές Εκπομπές N_2O (kg)
Η.Π.Α.	Λεωφορείο - Φυσικό Αέριο (US)	20	km	0,024432315	0,002174799
Η.Π	Λεωφορείο - Φυσικό Αέριο (US)			0	0
Η.Π	Λεωφορείο - Αιθανόλη (US)			0	0
Η.Π	Λεωφορείο - Diesel (US)			0	0
Η.Π	Λεωφορείο - Βενζίνη (US)			0	0
Η.Π	Επιβατηγό - Βενζίνη (1984-1993) (US)			0	0
Η.Π.Α.	Επιβατηγό - Βενζίνη (1994) (US)			0	0
Η.Π.Α.	Επιβατηγό - Βενζίνη (1995) (US)			0	0
Η.Π.Α.	Επιβατηγό - Βενζίνη (1996) (US)			0	0
Η.Π.Α.				0	0
Η.Π.Α.				0	0
Η.Π.Α.				0	0
Η.Π.Α.				0	0
Η.Π.Α.				0	0
Η.Π.Α.				0	0
Συνολικές Εκπομπές:				0,024432315	0,002174799

1. Σταθ. Καύσεις | 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση | 3. Ψύξη_AC | 4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο

Εικόνα 4.16 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *4.1.γ Εκπομπές CH_4 και N_2O (Για Όχημα στις Η.Π.Α. και Γνωστή Απόσταση)*, Ενότητα *4. Μεταφορές* του προγράμματος MyCarbonFtprint

4.1.2.2 Μέσα Μαζικής Μεταφοράς

Το συγκεκριμένο πεδίο του MyCarbonFtprint υπολογίζει τις εκπομπές των αερίων που δημιουργούνται όταν το μέσο μεταφοράς είναι κάποιο από τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς και επομένως απευθύνεται σε χρήστες που ενδιαφέρονται να υπολογίσουν το αποτύπωμα άνθρακα μιας τέτοιου είδους μετακίνησης.

Ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα από τη μετακίνηση με μέσα μαζικής μεταφοράς προκύπτει ως εξής:

Επιβάτες × Απόσταση × Συντελεστής Εκπομπής = Εκπομπές $CO_2/CH_4/N_2O$

Για να υπολογίσει λοιπόν ο χρήστης με το MyCarbonFtprint τις εκπομπές που προκύπτουν από τη μετακίνηση συγκεκριμένου αριθμού επιβατών, θα πρέπει να γνωρίζει κατ' αρχήν την Απόσταση που διανύθηκε, η οποία θα πρέπει να είναι εκφρασμένη σε Km.

Θα πρέπει επίσης, ο χρήστης να γνωρίζει το Μέσο Μαζικής Μεταφοράς που χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με κάποιες επιπλέον λεπτομέρειες. Οι διαθέσιμες επιλογές αφορούν τα εξής μέσα:

- Αεροπλάνο: Τα επιπλέον κριτήρια για το αεροπλάνο σχετίζονται με τη θέση στην οποία ταξίδεψαν οι συμμετέχοντες (Business, Economy, Άγνωστη Θέση) και με την απόσταση που διανύθηκε (Μικρή, Μεγάλη Εγχώρια Πτήση)
- Τρένο: Τα επιπλέον κριτήρια σχετίζονται με το είδος του τρένου που χρησιμοποιήθηκε (Εθνικού Σιδηροδρόμου, Τραμ, Μετρό)
- Ταξί
- Λεωφορείο: Τα επιπλέον κριτήρια σχετίζονται με τον τύπο του λεωφορείου που χρησιμοποιήθηκε (Τοπικό, Υπεραστικό, Άγνωστος Τύπος)
- Πλοίο

Με βάση το μέσο που χρησιμοποιήθηκε και τα επιπλέον κριτήρια, θα πολλαπλασιαστούν τα ζητούμενα μεγέθη με έναν Σ.Ε.. Με ένα Μέσο Μαζικής Μεταφοράς όμως μετακινούνται περισσότερα από ένα άτομα. Οι Σ.Ε. που χρησιμοποιούνται στο MyCarbonFtprint αναφέρονται στο ατομικό αποτύπωμα άνθρακα, είναι εκφρασμένοι σε kg εκπεμπόμενου αερίου / Km και επιβάτη και βρίσκονται στο Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *8.Συντ.Εκπομπής*. Αναλυτικότερα στους Σ.Ε. και τις πηγές προέλευσης τους θα αναφερθούμε στην αντίστοιχη ενότητα του κεφαλαίου.

Στην Εικόνα 4.17 απεικονίζεται το πεδίο 4.2 του MyCarbonFtprint:

4.2. ΜΕΣΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

4.2 ΜΕΣΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ (Για Γνωστή Απόσταση)						
Χώρα	Όχημα - Τύπος Μεταφοράς	Αριθμός Επιβατών (που υπολογίζονται)	Απόσταση που πραγματοποιήθηκε (Km)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)	Συνολικές Εκπομπές CH_4 (kg))	Συνολικές Εκπομπές N_2O (kg)
Άλλη	Αεροπλάνο - Εγχώρια Πτήση	3	2	0,00102882	0	0
Ηνωμένο Βασίλειο						
Συνολικές Εκπομπές:				0,00102882	0	0

Τρένο - Τραμ (UK)
Τρένο - Μέσο (Ελαφρύ και Τραμ) (UK)
Τρένο - Εθνικού Σιδηρόδρομου (UK)
Τρένο - Υπόγειος (ή Μετρό) (UK)
Ταξί (UK)
Λεωφορείο - Τοπικό Λεωφορείο (UK)
Λεωφορείο - Υπεραστικό Λεωφορείο (UK)
Λεωφορείο - Άγνωστος Τύπος (UK)

3. Ψύξη_AC | 4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο | 7. Σύνολο Εκπομπών | 8. Συντ. Εκπομπής

Εικόνα 4.17 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *4.2 Μέσα Μαζικής Μεταφοράς*, Ενότητα *4. Μεταφορές* του προγράμματος MyCarbonFtprint

4.1.5 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις*

Το συγκεκριμένο Φύλλο του MyCarbonFtprint απευθύνεται σε επιχειρήσεις, οργανισμούς ή χρήστες που ενδιαφέρονται να υπολογίσουν το αποτύπωμα άνθρακα που προκύπτει από ένα γεγονός (π.χ. ένα συνέδριο) ή μια εκδήλωση (π.χ. μια ημερίδα ενημέρωσης). Για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα στη συγκεκριμένη περίπτωση θα λάβουμε υπ' όψιν μας όλες τις διαδικασίες που μπορεί να σχετίζονται με το γεγονός και να εκπέμπουν αέρια του θερμοκηπίου, είτε αυτές οι διαδικασίες συγκαταλέγονται στο άμεσο αποτύπωμα είτε στο έμμεσο.

Για να παρευρεθούν σε ένα γεγονός, συνήθως οι συμμετέχοντες μετακινούνται προς και από το γεγονός είτε με όχημα Ιδιωτικής Χρήσης εάν πρόκειται για μικρή απόσταση, είτε με μέσα μαζικής μεταφοράς εάν πρόκειται για μεγαλύτερες αποστάσεις. Επομένως, το MyCarbonFtprint υπολογίζει τις εκπομπές που προκύπτουν από τη μετακίνηση των συμμετεχόντων. Επίσης, υπολογίζει τις εκπομπές που οφείλονται σε τυχόν παραμονή των συμμετεχόντων σε ξενοδοχεία, τις εκπομπές που προκύπτουν από την κατανάλωση ρεύματος κ.ά.

Στην ενότητα αυτή θα αναλύσουμε τον τρόπο υπολογισμού που χρησιμοποιήθηκε στο Πρόγραμμα.

α. Μετακίνηση με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς

Ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα ενός γεγονότος από τη μετακίνηση των συμμετεχόντων με μέσα μαζικής μεταφοράς προκύπτει ως εξής:

Επιβάτες × Απόσταση × Συντελεστής Εκπομπής = Εκπομπές $CO_2/CH_4/N_2O$

Για να υπολογίσει λοιπόν ο χρήστης με το MyCarbonFtprint τις εκπομπές που προκύπτουν θα πρέπει να γνωρίζει κατ' αρχήν το πλήθος των συμμετεχόντων που χρησιμοποίησαν μέσα μαζικής μεταφοράς καθώς και την απόσταση που διένυσαν. Η Απόσταση θα πρέπει να είναι εκφρασμένη σε Km και αναφέρεται σε μία διαδρομή μόνο (προς ή από τον χώρο που έγινε το γεγονός).

Θα πρέπει επίσης, ο χρήστης να γνωρίζει και τα μέσα μαζικής μεταφοράς που επιλέχθηκαν. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι ίδιες με αυτές του πεδίου *4.2 Μέσα Μαζικής Μεταφοράς* στο Φύλλο Εργασίας *4. Μεταφορές*, γι' αυτό και δεν αναφέρονται ξανά εδώ.

Με βάση τα είδος του μέσου που χρησιμοποιήθηκε και τα επιπλέον κριτήρια, θα πολλαπλασιαστούν τα ζητούμενα μεγέθη με έναν Σ.Ε.. Οι Σ.Ε. που χρησιμοποιούνται στο MyCarbonFtprint είναι εκφρασμένοι σε kg εκπεμπόμενου αερίου / Km και βρίσκονται στο Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *8.Συντ.Εκπομπής*. Αναλυτικότερα στους Σ.Ε. και τις πηγές προέλευσης τους θα αναφερθούμε στην αντίστοιχη ενότητα του κεφαλαίου.

Στην Εικόνα 4.18 απεικονίζεται το πεδίο 5.α του MyCarbonFtprint:

5. ΓΕΓΟΝΟΤΑ & ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ

5.α Μετακίνηση με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς						
Χώρα	Όχημα - Τύπος Μεταφοράς	Αριθμός Επιβατών	Απόσταση που πραγματοποιήθηκε [One-Way] (Km)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)	Συνολικές Εκπομπές CH_4 (kg))	Συνολικές Εκπομπές N_2O (kg)
Η.Π.Α.	Λεωφορείο - Άγνωστος Τύπος (US)	5		0	0	0
Ηνωμένο Βασίλειο	Τρένο - Μέσο (Ελαφρύ και Τραμ) (US) Τρένο - Εθνικού Σιδηρόδρομου (US) Τρένο - Υπόγειος (ή Μετρό) (US) Ταξί (US) Λεωφορείο - Τοπικό Λεωφορείο (US) Λεωφορείο - Υπεραστικό Λεωφορείο (US) Λεωφορείο - Άγνωστος Τύπος (US) Μεγάλο Πλοίο (US)					
Συνολικές Εκπομπές:				0	0	0

1. Σταθ. Καύσεις | 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση | 3. Ψύξη_AC | 4. Μεταφορές | **5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις** | 6. Αλουμίνιο

Εικόνα 4.18 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *5.α Μετακίνηση με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς*, Ενότητα *5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις* του προγράμματος MyCarbonFtprint

β. Μετακίνηση με Αυτοκίνητο

Ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα ενός γεγονότος από τη μετακίνηση των συμμετεχόντων με όχημα Ιδιωτικής Χρήσης προκύπτει ως εξής:

Πλήθος Αυτοκίνητων × Απόσταση × Συντελεστής Εκπομπής = Εκπομπές CO_2

Για να υπολογίσει λοιπόν ο χρήστης με το MyCarbonFtprint τις εκπομπές του CO_2 που προκύπτουν θα πρέπει να γνωρίζει κατ' αρχήν το πλήθος των αυτοκινήτων που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και την απόσταση που διένυσαν. Η Απόσταση θα πρέπει να είναι εκφρασμένη σε Km.

Θα πρέπει επίσης, ο χρήστης να γνωρίζει και το είδος του αυτοκινήτου που χρησιμοποιήθηκε. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε σε αυτό το σημείο ότι εδώ δεν απαιτούνται ιδιαίτερες λεπτομέρειες για το όχημα όπως στο Φύλλο *4. Μεταφορές*. Με βάση λοιπόν τα είδος του αυτοκινήτου που χρησιμοποιήθηκε θα πολλαπλασιαστούν τα μεγέθη με έναν Σ.Ε.. Οι Σ.Ε. που χρησιμοποιούνται στο MyCarbonFtprint είναι εκφρασμένοι σε kg εκπεμπόμενου αερίου / Km και βρίσκονται στο Φύλλο Εργασίας με τίτλο: *8.Συντ.Εκπομπής*. Αναλυτικότερα στους Σ.Ε. και τις πηγές προέλευσης τους θα αναφερθούμε στην αντίστοιχη ενότητα του κεφαλαίου.

Στην Εικόνα 4.19 απεικονίζεται το πεδίο 5.β του MyCarbonFtprint:

5.β Μετακίνηση με Αυτοκίνητο				
Χώρα	Όχημα - Τύπος Μεταφοράς	Πλήθος Αυτοκινήτων	Απόσταση που πραγματοποιήθηκε (Km)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)
Άλλη	Επιβατηγό	2	20	0,005689746
Συνολικές Εκπομπές:				0,005689746

1. Σταθ. Καύσεις / 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση / 3. Ψύξη_AC / 4. Μεταφορές / 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις / 6. Αλουμίνιο

Εικόνα 4.19 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *5.β Μετακίνηση με Αυτοκίνητο*, Ενότητα *5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις* του προγράμματος MyCarbonFtprint

γ. Διαμονή σε Ξενοδοχείο

Για να υπολογιστούν οι εκπομπές που προκύπτουν από τη διαμονή των συμμετεχόντων σε ένα γεγονός, πρέπει ο χρήστης να γνωρίζει το πλήθος των δωματίων που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και τον αριθμό των ημερών διαμονής. Στο MyCarbonFtprint θεωρούμε ότι υπάρχουν δύο ειδών ξενοδοχεία: τα Μεσαίας Κατηγορίας και τα Πολυτελή. Στα Πολυτελή καταλύματα επειδή είναι μεγαλύτερα και με περισσότερες συσκευές θεωρούμε ότι θα παράγεται μεγαλύτερη ποσότητα CO_2 από τα Ξενοδοχεία Μεσαίες Κατηγορίας. Θα πρέπει επομένως ο χρήστης να γνωρίζει και τον τύπο των καταλυμάτων που χρησιμοποιήθηκαν.

Οι Σ.Ε. που θα χρησιμοποιηθούν στο MyCarbonFtprint είναι οι:

Ξενοδοχείο Μέσης Κατηγορίας → 29,53 kg CO_2 / δωμάτιο και ημέρα

Ξενοδοχείο Πολυτελείας → 33,38 kg CO_2 / δωμάτιο και ημέρα

[Πηγή Συντελεστών: CHP in the Hotel and Casino Market Sectors prepared by Energy and Environmental Analysis, Inc. for U.S. EPA, CHP Partnership]

Στην Εικόνα 4.20 απεικονίζεται το πεδίο 5.γ του MyCarbonFtprint:

5.γ Διαμονή σε Ξενοδοχείο

Τύπος Ξενοδοχείου	Πλήθος Δωματίων	Βραδιές Διαμονής	Συνολικές Εκπομπές CO₂ (τόνοι)
Μέσο Ξενοδοχείο	5	3	0,44295
Μέσο Ξενοδοχείο Πολυτελές Ξενοδοχείο			
Συνολικές Εκπομπές:			0,44295

1. Σταθ. Καύσεις | 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση | 3. Ψύξη_AC | 4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο

Εικόνα 4.20 - Απεικόνιση του πεδίου υπολογισμού *5.γ Διαμονή σε Ξενοδοχείο*, Ενότητα *5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις* του προγράμματος MyCarbonFtprint

δ. Κατανάλωση Ρεύματος

Για περισσότερη ακρίβεια , όταν ο χρήστης γνωρίζει πόσο ρεύμα καταναλώθηκε κατά τη διάρκεια του γεγονότος, στον χώρο που πραγματοποιήθηκε, μπορεί να υπολογίσει το αποτύπωμα άνθρακα που προκύπτει από την κατανάλωση ρεύματος. Ο τρόπος υπολογισμού δεν θα αναλυθεί περαιτέρω γιατί είναι ίδιος με αυτόν που αναλύθηκε στην Ενότητα 4.1.2.1 για το Φύλλο Εργασίας με τίτλο *2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση*.

ε. Επιπλέον Εκπομπές

Συχνά κατά τη διάρκεια της διοργάνωσης ενός γεγονότος παρατίθενται γεύματα στους καλεσμένους. Για να υπολογίσουμε τις εκπομπές που προέρχονται από αυτά θα πρέπει να γνωρίζουμε την ποσότητα CO_2 που απελευθερώνει ένα άτομο κατά τη διάρκεια του γεύματος.

Από σχετική Έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί [Virtanen, Y., et al., Carbon footprint of food – approaches from national input – output statistics and a LCA of a food portion, Journal of Cleaner Production (2011)] έχει βρεθεί ότι από την κατανάλωση μίας μερίδας φαγητού εκπέμπονται από 0,65 kg έως 3,80 kg CO_2. Στο εργαλείο υπολογισμού μας λαμβάνουμε υπ’ όψιν μας τον Μέσο Όρο, οπότε θεωρούμε ότι εκπέμπονται:

2,2 kg CO_2 / μερίδα φαγητού.

Επιπρόσθετα, σε κάθε γεγονός υπάρχουν διαδικασίες οι οποίες μπορεί να εκπέμπουν CO_2 αλλά να είναι δύσκολο να τυποποιήσουμε ξεχωριστά τις εκπομπές τους. Γι’ αυτό θα θεωρήσουμε ένα επιπλέον ποσό εκπομπών για κάθε έναν από τους συμμετέχοντες. Το ποσό αυτό κάνουμε την ΠΑΡΑΔΟΧΗ ότι είναι:

5 kg CO_2 / συμμετέχοντα.

Στην Εικόνα 4.21 απεικονίζονται τα πεδία 5.δ και 5.ε του MyCarbonFtprint:

5.δ Κατανάλωση Ρεύματος				
Χώρα	**Συντελεστής Εκπομπής (kg/kWh)**	**Κατανάλωση**	**Μονάδα Μέτρησης**	**Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)**
Ελλάδα	0,724964	500	MWh	362,482
Κύπρος	0,7582802	200		0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
Συνολικές Εκπομπές:				**362,482**

kWh
MWh

5.ε Επιπλέον Εκπομπές			
Δραστηριότητα	**Αριθμός Συμμετεχόντων**	**Αριθμός Γευμάτων**	**Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)**
Γεύματα			0
Ατομικές Εκπομπές		-	0
Συνολικές Εκπομπές:			**0**

1. Σταθ. Καύσεις / 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση / 3. Ψύξη_AC / 4. Μεταφορές / **5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις** / 6. Αλουμίνιο

Εικόνα 4.21 - Απεικόνιση των πεδίων υπολογισμού *5.δ Κατανάλωση Ρεύματος* και *5.ε Επιπλέον Εκπομπές*, Ενότητα *5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις* του προγράμματος MyCarbonFtprint

4.1.6 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: 6. Αλουμίνιο

Το συγκεκριμένο Φύλλο του MyCarbonFtprint απευθύνεται αποκλειστικά σε εργοστάσια που παράγουν αλουμίνιο και ενδιαφέρονται να υπολογίσουν το αποτύπωμα άνθρακα που προκύπτει από τη διαδικασία παραγωγής. Ο λόγος που αποφασίσαμε να περιληφθεί ένα τέτοιο Φύλλο εργασίας στο MyCarbonFtprint είναι γιατί υπάρχει αξιοσημείωτο πλήθος εργοστασίων που παράγουν αλουμίνιο και γιατί από τη διαδικασία παραγωγής αλουμινίου παράγονται σημαντικές ποσότητες CO_2.

Η μεθοδολογία υπολογισμού είναι αυτή που προτείνει το Πρωτόκολλο Greenhouse Gas Protocol, όπως έχει αναπτυχθεί στο Κεφάλαιο 3, Ενότητα 3.3 και συγκεκριμένα στο εδάφιο *3.3.1.4 Αλουμίνιο*, με τις εξισώσεις (15), (16), (17), (18) και (19) της παρούσας εργασίας, και δεν θα αναλυθούν περαιτέρω εδώ. Αντιλαμβανόμαστε όμως ότι ο χρήστης του προγράμματος εδώ θα πρέπει να έχει στη διάθεση του τα εξεζητημένα δεδομένα που απαιτούνται.

Η παραγωγή του αλουμινίου γίνεται με δύο μεθόδους όπως έχουμε ήδη αναλύσει στην Ενότητα *3.3.1.4* της παρούσας εργασίας: η Χωνευτήρια Μέθοδος και η Μέθοδος Söderberg. Το Φύλλο εργασίας του MyCarbonFtprint χωρίζεται επομένως σε δύο υποενότητες, και κάθε μία από αυτές υπολογίζει τις εκπομπές από τις δύο μεθόδους.

Από τις 3 βαθμίδες που προσδιορίζει το GHG Protocol για τους υπολογισμούς, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το MyCarbonFtprint μόνο όταν τα δεδομένα του ανήκουν στις Βαθμίδες 2 και 3. Στη Βαθμίδα 2 οι περισσότερες τιμές είναι γνωστές, οπότε ο χρήστης για λόγους απλότητας δεν έρχεται καθόλου σε επαφή με αυτές. Στη Βαθμίδα 3 ο χρήστης καλείται να γνωρίζει και να εισάγει όλα τα δεδομένα που ζητούνται.

Προσοχή!! Ο υπολογισμός των εκπομπών αυτών γίνεται σε ετήσια βάση, γι’ αυτό και όλα τα ποσά που ζητούνται θα πρέπει να ανάγονται σε έτος.

4.1.7.1 Χωνευτήρια Μέθοδος

Σε αυτή την υποενότητα υπολογίζονται όλες οι εκπομπές του CO_2 που προκύπτουν από τη διαδικασία παραγωγής αλουμινίου, όταν αυτή γίνεται με τη Χωνευτήρια Μέθοδο. Η υποενότητα αυτή έχει τρία πεδία, καθένα από τα οποία υπολογίζει το αποτύπωμα άνθρακα για τα τρία στάδια της παραγωγής του αλουμινίου, στα οποία εκπέμπεται η μεγαλύτερη ποσότητα του CO_2.

α. Κατανάλωση Ανοδίου

Εάν ο υπολογισμός γίνεται με τη Βαθμίδα 2, ο χρήστης εδώ χρειάζεται να γνωρίζει μόνο την Ποσότητα του Αλουμινίου που έχει παραχθεί σε ετήσια βάση και τη Συνολική Ποσότητα των Ανοδίων που καταναλώθηκαν. Εάν ο υπολογισμός γίνεται με τη βαθμίδα 3, ο χρήστης απαιτείται να γνωρίζει επιπλέον την Περιεκτικότητα του Θείου και της Τέφρας στα Ανόδια. Η εξίσωση υπολογισμού είναι η εξίσωση (15) που βρίσκεται στο εδάφιο *3.3.1.4 Αλουμίνιο*, της παρούσας εργασίας

Στην Εικόνα 4.22 απεικονίζεται το πεδίο 6.1.α του MyCarbonFtprint:

6.1 ΧΩΝΕΥΤΗΡΙΑ ΜΕΘΟΔΟΣ

6.1.α Κατανάλωση Ανοδίου

Βαθμίδα Υπολογισμού	Συνολική Παραγωγή Αλουμινίου (t αλουμινίου / έτος)	Συνολική Κατανάλωση Ανοδίου (t ανοδίου / t αλουμινίου)	Περιεκτικότητα θείου στα ανόδια (%)	Περιεκτικότητα τέφρας στα ανόδια (%)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι/έτος)
2	1	1			3,578666667
3					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
Συνολικές Εκπομπές:					3,578666667

4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο | 7. Σίδηρος_Χάλυβας | 8. Σύνολο Εκπομπών | 9. Συντ.

Εικόνα 4.22 - Απεικόνιση των πεδίων υπολογισμού 6.1.*α Κατανάλωση Ανοδίου*, Ενότητα *6. Αλουμίνιο* του προγράμματος MyCarbonFtprint

β. Καύση Πτητικής Πίσσας

Σε αυτό το πεδίο του MyCarbonFtprint δεν λαμβάνεται υπ' όψιν η Βαθμίδα υπολογισμού και απαιτείται ο χρήστης να γνωρίζει το Βάρος των Πράσινων Ανοδίων που χρησιμοποιήθηκαν, το Βάρος των Καμένων Ανοδίων, την Ποσότητα των Ανοδίων που καίγονται, την Περιεκτικότητα των Πράσινων Ανοδίων σε Η (υδρογόνο) καθώς και την Ποσότητα των Υπολειμμάτων Πίσσας. Η εξίσωση υπολογισμού είναι η εξίσωση (16) που βρίσκεται στο εδάφιο *3.3.1.4 Αλουμίνιο*, της παρούσας εργασίας.

Στην Εικόνα 4.23 απεικονίζεται το πεδίο 6.1.β του MyCarbonFtprint:

6.1.β Καύση Πτητικής Πίσσας					
Βάρος Πράσινων Ανοδίων (τόνοι)	Βάρος καμένων Ανοδίων (τόνοι)	Παραγωγή καμένων Ανοδίων (t καμμένου ανοδίου / έτος)	Περιεκτικότητα Πράσινων Ανοδίων σε Η (%)	Υπολείμματα Πίσσας (τόνοι)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι/έτος)
10	3	2	10,00%	1	11
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
Συνολικές Εκπομπές:					**11**

4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα Εκδηλώσεις | **6. Αλουμίνιο** | 7. Σίδηρος Χάλυβας | 8. Σύνολο Εκπομπών | 9. Συ

Εικόνα 4.23 - Απεικόνιση των πεδίων υπολογισμού 6.1.*β Καύση Πτητικής Πίσσας*, Ενότητα *6. Αλουμίνιο* του προγράμματος MyCarbonFtprint

γ. Φόρτωμα κωκ

Εάν ο υπολογισμός γίνεται με τη Βαθμίδα 2, ο χρήστης σε αυτό το πεδίο απαιτείται να γνωρίζει μόνο την Ποσότητα του Φορτωμένου Κωκ που καταναλώθηκε και τη Συνολική Ποσότητα των Καμένων Ανοδίων που παράχθηκε σε ετήσια βάση. Εάν ο υπολογισμός γίνεται με τη βαθμίδα 3, ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει επιπλέον την Περιεκτικότητα του Κωκ σε Θείο και Τέφρα. Η εξίσωση υπολογισμού είναι η εξίσωση (17) που βρίσκεται στο εδάφιο *3.3.1.4 Αλουμίνιο*, της παρούσας εργασίας.

Στην Εικόνα 4.24 απεικονίζεται το πεδίο 6.1.γ του MyCarbonFtprint:

6.1.γ Φόρτωμα Κωκ					
Βαθμίδα Υπολογισμού	Κατανάλωση Φορτωμένου Κωκ (t / t καιόμενου ανοδίου)	Παραγωγή καμένων Ανοδίων (t καμμένου ανοδίου / έτος)	Περιεκτικότητα θείου στο κωκ (%)	Περιεκτικότητα τέφρας στο κωκ (%)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι/έτος)
2	10	30			1,57575
3					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
Συνολικές Εκπομπές:					1,57575

4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο | 7. Σίδηρος_Χάλυβας | 8. Σύνολο Εκπομπών | 9. Συ

Εικόνα 4.24 - Απεικόνιση των πεδίων υπολογισμού 6.1.*γ Φόρτωμα Κωκ*, Ενότητα *6. Αλουμίνιο* του προγράμματος MyCarbonFtprint

4.1.7.2 Μέθοδος Söderberg

Εδώ το MyCarbonFtprint υπολογίζει τις εκπομπές του CO_2 που προκύπτουν από τη διαδικασία παραγωγής αλουμινίου, όταν αυτή γίνεται με τη Μέθοδο Söderberg. Η υποενότητα αυτή έχει δύο πεδία, τα οποία υπολογίζουν το αποτύπωμα άνθρακα που προκύπτει από τις σημαντικότερες διαδικασίες της μεθόδου. Και σε αυτή την υποενότητα ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει ανάμεσα στη Βαθμίδα 2 και 3.

α. Άμεσες Εκπομπές

Στο πεδίο αυτό υπολογίζονται οι άμεσες εκπομπές του CO_2 που προκύπτουν από τη Μέθοδο Söderberg. Εάν ο υπολογισμός γίνεται με τη Βαθμίδα 2, ο χρήστης σε αυτό το πεδίο απαιτείται να γνωρίζει μόνο τη Συνολική Ποσότητα του Αλουμινίου που παράχθηκε σε ετήσια βάση, την ετήσια Κατανάλωση Κόλλας, τις εκπομπές που προκύπτουν από διαλυτές ύλες κυκλοεξανίου και την Ποσότητα του C που βρίσκεται στα κελιά Söderberg. Εάν ο υπολογισμός γίνεται με τη βαθμίδα 3, ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει επιπλέον την Περιεκτικότητα της Πίσσας και του Πυρωμένου Κωκ σε Θείο και Τέφρα, την περιεκτικότητα της Κόλλας σε Συνδετικό Υλικό και την Περιεκτικότητα της πίσσας σε Η (υδρογόνο). Η εξίσωση υπολογισμού είναι η εξίσωση (18) που βρίσκεται στο εδάφιο *3.3.1.4 Αλουμίνιο*, της παρούσας εργασίας.

β. Αγορές πρώτων Υλών

Στο συγκεκριμένο πεδίο του MyCarbonFtprint υπολογίζονται οι εκπομπές του CO_2 που προκύπτουν με βάση τις πρώτες ύλες που αγοράστηκαν και τις ποσότητες από αυτές που καταναλώθηκαν. Οι υπολογισμοί του πεδίου αυτού είναι ανεξάρτητοι της Βαθμίδας υπολογισμού που χρησιμοποιείται. Επομένως, ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει τις εξής ποσότητες: Συνολική ετήσια Κατανάλωση Πίσσας, Συνολική ετήσια Κατανάλωση Κωκ, Συνολική ετήσια Κατανάλωση Φορτωμένου Κωκ, Συνολικά υποπροϊόντα άνθρακα (C) σε ετήσια βάση, Συνολική ετήσια Μάζα Ανοδίων που αγοράστηκαν και τη Συνολική ετήσια Μάζα Ανοδίων που Πουλήθηκαν. Επίσης, θα πρέπει να γνωρίζει τις εξής Περιεκτικότητες: Περιεκτικότητα της Πίσσας, του Κωκ, του Φορτωμένου Κωκ, των Ανοδίων που Αγοράστηκαν και των Ανοδίων που πουλήθηκαν σε άνθρακα (C). Η εξίσωση υπολογισμού είναι η εξίσωση (19) που βρίσκεται στο εδάφιο *3.3.1.4 Αλουμίνιο*, της παρούσας εργασίας.

Στις Εικόνες 4.25 και 4.26 απεικονίζονται τα πεδία 6.2.α και 6.2.β αντίστοιχα του MyCarbonFtprint:

6.2 ΜΕΘΟΔΟΣ SÖDERBERG

6.2.α Άμεσες Εκπομπές											
Βαθμίδα Υπολογισμού	Συνολική Παραγωγή Αλουμινίου (t αλουμινίου / έτος)	Κατανάλωση Κόλλας (t αλουμ. / έτος)	Εκπομπές από διαλυτές ύλες κυκλοεξανίου (kg / t αλουμ.)	Περιεκτικότητα συνδ. Υλικού στην κόλλα (%)	Περιεκτικότητα θείου στην πίσσα (%)	Περιεκτικότητα τέφρας στην πίσσα (%)	Περιεκτικότητα Η στην πίσσα (%)	Π... π... (%)	...ικότητα ...ας στο ...ένο κωκ (%)	Άνθρακας σε σκόνη στα κελιά (t C / t αλουμ.)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι/έτος)
2											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
Συνολικές Εκπομπές:											0

MyCarbonFtprint:
Μόνο για τη Βαθμίδα 3 (εισαγωγή από αριθμολόγιο)

1. Σταθ. Καύσεις / 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση / 3. Ψύξη_AC / 4. Μεταφορές / 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις / 6. Αλουμίνιο

Εικόνα 4.25 - Απεικόνιση των πεδίων υπολογισμού 6.2.*α Άμεσες Εκπομπές*, Ενότητα *6. Αλουμίνιο* του προγράμματος MyCarbonFtprint

6.2.β Αγορές Πρώτων Υλών											
Συνολική Κατανάλωση Πίσσας (t πίσσας / έτος)	Περιεκτικότητα C στην πίσσα (%)	Συνολική Κατανάλωση Κωκ (t κωκ / έτος)	Περιεκτικότητα C στο κωκ (%)	Συνολική Κατανάλωση Φορτωμένου κωκ (t κωκ / έτος)	Περιεκτικότητα C στο φορτωμένο κωκ (%)	Συνολικά υποπροϊόντα C (t C / έτος)	Συνολική Μάζα αγορασμένων Ανοδίων (t ανοδίων / έτος)	Περιεκτικότητα C στα αγορασμένα Ανόδια (%)	Συνολική Μάζα Πουλημένων Ανοδίων (t πουλημένων ανοδίων / έτος)	Περιεκτικότητα C στα πουλημένα Ανόδια (%)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι/έτος)
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
Συνολικές Εκπομπές:											**0**

1. Σταθ. Καύσεις | 2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση | 3. Ψύξη_AC | 4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | **6. Αλουμίνιο**

Εικόνα 4.26 - Απεικόνιση των πεδίων υπολογισμού 6.2.*β Αγορές Πρώτων Υλών*, Ενότητα *6. Αλουμίνιο* του προγράμματος MyCarbonFtprint

4.1.7 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: 7. Σίδηρος_Χάλυβας

Το συγκεκριμένο Φύλλο του MyCarbonFtprint απευθύνεται αποκλειστικά σε εργοστάσια που παράγουν σίδηρο και χάλυβα (ατσάλι) και ενδιαφέρονται να υπολογίσουν το αποτύπωμα άνθρακα που προκύπτει από τη διαδικασία παραγωγής τους. Ο υπολογισμός συμπεριλαμβάνεται στο MyCarbonFtprint για λόγους πληρότητας, μιας και είναι σημαντικός ο αριθμός των εργοστασίων που ασχολούνται με την παραγωγή των συγκεκριμένων υλικών.

Η μεθοδολογία υπολογισμού είναι αυτή που προτείνει το Πρωτόκολλο Greenhouse Gas Protocol, όπως έχει αναπτυχθεί στο Κεφάλαιο 3, Ενότητα 3.3 και συγκεκριμένα στο εδάφιο *3.3.1.6 Σίδηρος και Χάλυβας (ατσάλι)*, με την εξίσωση (23) της παρούσας εργασίας, και δεν θα αναλυθεί περαιτέρω εδώ.

Τα στοιχεία που πρέπει να έχει στη διάθεση του ο χρήστης που θέλει να χρησιμοποιήσει το MyCarbonFtprint είναι πολύ συγκεκριμένα και σχετίζονται με τη διαδικασία παραγωγής. Συγκεκριμένα θα πρέπει να γνωρίζει τις εξής ποσότητες: Κωκ που καταναλώθηκε στην παραγωγή σιδήρου και άνθρακα, Κωκ που προκύπτει από την Κάμινο Κωκ και καταναλώνεται στην Υψικάμινο, Γαιάνθρακας που εγχύθηκε απευθείας στην Υψικάμινο, Ασβεστόλιθος και Δολομίτης που καταναλώνονται για την Παραγωγή Σιδήρου και Χάλυβα, Ηλεκτρόδια Άνθρακα που καταναλώθηκαν, άλλα Ανθρακούχων Υλικά που καταναλώνονται στην παραγωγή σιδήρου και χάλυβα, Αέριο της Καμίνου του Κωκ που καταναλώνεται στην Υψικάμινο, Χάλυβας που παράγεται, Παραγωγή Σιδήρου που δεν μετατρέπεται σε χάλυβα και Αέριο της Υψικαμίνου που μεταφέρεται εκτός του τόπου παραγωγής. Επίσης, για όλα τα παραπάνω μεγέθη πρέπει να γνωρίζει τις Περιεκτικότητες τους σε Άνθρακα.

Επειδή η απεικόνιση αυτής του Φύλλου Εργασίας δεν χωράει σε 1 σελίδα, θα χωριστεί σε δύο κομμάτια που βρίσκονται στις δύο ακόλουθες σελίδες:

7. ΣΙΔΗΡΟΣ & ΧΑΛΥΒΑΣ

MyCarbon MyCarbon MyCarbon

7. Παραγωγή Σίδηρου & Χάλ												
Κωκ που καταναλώθηκε για παραγωγή σιδήρου και άνθρακα - PC (τόνοι)	Περιεκτικότητα C στο PC (%)	Κωκ Καμίνου που καταναλώνεται στην υψικάμινο - COB (τόνοι)	Περιεκτικότητα C στο COB (%)	Γαιάνθρακας που εγχύθηκε στην Υψικάμινο - CI (τόνοι)	Περιεκτικότητα C στον CI (%)	Ασβεστόλιθος που καταναλώνεται - L (τόνους)	Περιεκτικότητα C στον L (%)	Δολομίτης που καταναλώνεται - D (τόνοι)	Περιεκτικότητα C στον D (%)	Ηλεκτρόδια Άνθρακα που καταναλώθηκαν - CE (τόνοι)	Περιεκτικότητα C στο CE (%)	Ά (ανθ κατο -
Συνολικές Εκπομπές:												

4. Μεταφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο | 7. Σίδηρος_Χάλυβας | 8. Σύνολο Εκπομπών | 9. Συντ. Εκπ

Εικόνα 4.27.α - Απεικόνιση των πεδίων υπολογισμού 7.Παραγωγή Σιδήρου & Χάλυβα, Ενότητα *7. Σίδηρος & Χάλυβας* του προγράμματος MyCarbonFtprint

ίδηρου & Χάλυβα

ιεκτικότητα στο CE (%)	Άλλα υλικά (ανθρακούχα και μη) που καταναλώνονται - O (τόνοι)	Περιεκτικότητα C στο O (%)	Άλλα Αέρια Καμίνου Κωκ που καταναλώνονται στην Υψικάμινο - GOG (m³)	Περιεκτικότητα C στα GOG (%)	Ποσότητα Παραγώμενου Χάλυβα - S (τόνοι)	Περιεκτικότητα C στον S (%)	Παραγώμενος Σίδηρος που δεν μετατρέπεται σε χάλυβα - IP (τόνοι)	Περιεκτικότητα C στον IP (%)	Αέριο Υψικαμίνου που μεταφέρεται εκτός - BG (m³)	Περιεκτικότητα C στο BG (%)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι/έτος)
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0
											0

αφορές | 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις | 6. Αλουμίνιο | 7. Σίδηρος_Χάλυβας | 8. Σύνολο Εκπομπών | 9. Συντ. Εκπ

Εικόνα 4.27.β- Απεικόνιση των πεδίων υπολογισμού 7.Παραγωγή Σιδήρου & Χάλυβα, Ενότητα *7. Σίδηρος & Χάλυβας* του προγράμματος MyCarbonFtprint (συνέχεια)

4.1.8 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: 8. Σύνολο Εκπομπών

Για λόγους ευχρηστίας δημιουργήσαμε επιπλέον αυτό το Φύλλο, το οποίο χωρίζεται σε δύο υποενότητες: στη μία υπολογίζονται οι συνολικές εκπομπές που προέκυψαν από όλες τις διαδικασίες που υπολογίστηκαν και στην άλλη γίνονται οι απαραίτητες μετατροπές των μονάδων. Καθεμία από τις υποενότητες αναλύεται εδώ.

4.1.8.1 Συνολικές Εκπομπές

Στη συγκεκριμένη υποενότητα του MyCarbonFtprint υπάρχει ένας πίνακας στον οποίο αναγράφονται οι συνολικές εκπομπές που προέκυψαν από κάθε διαδικασία με το MyCarbonFtprint στα προηγούμενα Φύλλα. Οι εκπομπές αυτές τελικά αθροίζονται δίνοντας το τελικό αποτύπωμα άνθρακα του χρήστη.

Στην Εικόνα 4.28 απεικονίζεται το πεδίο 8.1 του MyCarbonFtprint:

8.1 ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ

8.1 ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ			
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	Εκπομπές CO_2 (t)	Εκπομπές CH_4 (kg)	Εκπομπές N_2O (kg)
Σταθεροποιημένες Καύσεις	0,0264	0,000	0,000
Ηλεκτρισμός & Θέρμανση	0,0000	0,000	0,000
Ψύξη & Κλιματισμός	329,8400	-	-
Μεταφορές	0,0298	0,001	0,001
Γεγονότα & Εκδηλώσεις	362,9353	0,000	0,000
Αλουμίνιο	16,1544	-	-
Σίδηρος & Χάλυβας	0,0000	-	-
ΣΥΝΟΛΟ	708,9858	0,001	0,001

4. Μεταφορές / 5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις / 6. Αλουμίνιο / 7. Σίδηρος_Χάλυβας / 8. Σύνολο Εκπομπώ

Εικόνα 4.28 - Απεικόνιση του πίνακα Μετατροπής Μονάδων Μέτρησης 8.*1 Συνολικές Εκπομπές*, Ενότητα 8. *Σύνολο Εκπομπών* του προγράμματος MyCarbonFtprint

4.1.8.2 Μετατροπές Μονάδων

Σε αυτή την υποενότητα παρατίθεται για λόγους πληρότητας ένας πίνακας, στον οποίο ο χρήστης μπορεί να εισάγει τα δεδομένα που έχει και να τα μετατρέψει στις μονάδες που χρειάζονται για τη συμπλήρωση των πεδίων των Φύλλων εργασίας του MyCarbonFtprint. Έτσι ο χρήστης δεν θα χρειάζεται να απευθύνεται σε άλλα μέσα προκειμένου να μετατρέψει τα δεδομένα του. Οι σχέσεις μετατροπής που χρησιμοποιήθηκαν αναγράφονται στο πεδίο με τίτλο **Μετατροπές Μονάδων** της παρούσας εργασίας.

Στην Εικόνα 4.29 απεικονίζεται το πεδίο 8.2 για τις Μετατροπές Μονάδων του MyCarbonFtprint:

8.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ

8.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ			
ΑΠΟ		ΣΕ	
2	Km	1,2427424	miles (μίλια)
	miles (μίλια)	0	Km
	pound	0	kg
	kg	0	pound
	gallon	0	L (λίτρα)
	L (λίτρα)	0	gallon

Εικόνα 4.29 - Απεικόνιση του πίνακα Μετατροπής Μονάδων Μέτρησης 8.*2 Μετατροπές Μονάδων*, Ενότητα 8. *Σύνολο Εκπομπών* του προγράμματος MyCarbonFtprint

4.1.9 Φύλλο Εργασίας με τίτλο: 9. Συντ. Εκπομπής

Στο συγκεκριμένο Φύλλο Εργασίας του MyCarbonFtprint αναγράφονται όλοι οι Συντελεστές Εκπομπής που χρησιμοποιήθηκαν στα υπόλοιπα Φύλλα Εργασίας. Εδώ οι Σ.Ε. είναι συγκεντρωμένοι σε επτά (7) πίνακες και κάτω από αυτούς αναγράφονται οι πηγές προέλευσης τους. Οι πίνακες περιέχουν τους Σ.Ε. για τα διάφορα πεδία υπολογισμού του προγράμματος αλλά δεν κρίνεται σκόπιμο να παρατεθούν εδώ. Οι Σ.Ε. που είναι στους πίνακες έχουν υποβληθεί στις απαραίτητες μετατροπές, προκειμένου να είναι όλοι εκφρασμένοι στα μεγέθη που εξυπηρετούν.

Στην υποενότητα αυτή θα αναφερθούμε στους πίνακες, τις πηγές προέλευσης τους και το που χρησιμοποιούνται. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι στο πεδίο *2.1 Ηλεκτρισμός* υπήρχαν διαθέσιμες τιμές από την EIA και από τον ΚΕΝΑΚ, που παρουσίαζαν μία σημαντική απόκλιση. Για την Ελλάδα, παραβλέψαμε την τιμή που προτείνει η EIA και υιοθετήσαμε την τιμή που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ.

Στον Πίνακα 4.3 αναγράφονται όλα απαραίτητα στοιχεία.

Τίτλος Πίνακα Φύλλου Εργασίας *9.Συντ. Εκπομπής*	**Φύλλο Εργασίας του MyCarbonFtprint που χρησιμοποιείται**	**Πηγή Προέλευσης Συντελεστών**
1. ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΚΑΥΣΕΙΣ **1.Α. Συντελεστές για CO_2** **1.Β. Συντελεστές για CH_4** **1.Γ. Συντελεστές για N_2O**	*1.β ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΚΑΥΣΕΙΣ* (Υπολογισμός με αντιπροσωπευτικά δεδομένα)	**IPCC** (2006 Guidelines for National GHG Inventories)
2. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	*2.1 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ*	**IEA** (2006) / **KENAK** (ΦΕΚ 407/9-4-10)
3. GWP	*3.1 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ* (σε όλα τα πεδία 3.1.α, 3.1.β, 3.1.γ) *3.2 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΠΩΛΗΣΕΙΣ* *3.3 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΕΒΑΣΗ ΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΖΩΗΣ*	**IPCC / ASHRAE**
4. ΨΥΞΗ / ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	Τα στοιχεία αυτού του πίνακα εισάγονται χειροκίνητα από τον χρήστη σε όλα τα πεδία του Φύλλου Εργασίας *3.ΨΥΞΗ_AC*	**IPCC**
5. ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	*4.1 ΟΧΗΜΑΤΑ* (σε όλα τα πεδία 4.1.α, 4.1.β, 4.1.γ)	**EPA / DEFRA**
6. ΜΕΣΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	*4.2 ΜΕΣΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ* *5.α Μετακίνηση με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς*	**EPA** / **DEFRA**
7. ΓΕΓΟΝΟΤΑ / ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ (Αυτοκίνητο)	*5.β Μετακίνηση με Αυτοκίνητο*	**EPA** / **DEFRA**

Πίνακας 4.3 – Πεδία χρήσης και πηγές προέλευσης των δεδομένων των πινάκων στο Φύλλο *9.Συντ.Εκπομπής* του MyCarbonFtprint

Κεφάλαιο 5

Μελέτη Περιπτώσεων Υπολογισμού του Αποτυπώματος Άνθρακα

Στο κεφάλαιο αυτό υπολογίζεται το αποτύπωμα άνθρακα σε δύο Περιπτώσεις Μελέτης (Case Studies), χρησιμοποιώντας το εργαλείο υπολογισμού MyCarbonFtprint. Σε κάθε περίπτωση συλλέγονται οι απαραίτητες πληροφορίες και έπειτα από την αξιολόγηση τους γίνεται ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα.

Μετά τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα με το MyCarbonFtprint, γίνεται ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα και με άλλες εφαρμογές υπολογισμού, οι οποίες διατίθενται χωρίς χρέωση στο διαδίκτυο και έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο 3. Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων του MyCarbonFtprint με αυτά των άλλων εφαρμογών, ενώ αναλύονται και οι αιτίες που μπορεί να οδήγησαν σε διαφορετικά αποτελέσματα.

5.1 Μελέτη 1ης Περίπτωσης: Συνέδριο CEMEPE 2011



Το CEMEPE είναι ένα διεθνές Συνέδριο για τη Διαχείριση, τη Μηχανική, τον Σχεδιασμό και την Οικονομία του Περιβάλλοντος, με λογότυπο τη διπλανή εικόνα. Το όνομα του προέρχεται από την αγγλική ορολογία **Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE)**. Έχουν πραγματοποιηθεί τρία συνέδρια CEMEPE: το 2007 και το 2011 στη Σκιάθο και το 2009 στη Μύκονο. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα υπολογίσουμε το αποτύπωμα άνθρακα του CEMEPE 2011, που έλαβε χώρα στις 19 - 24 Ιουνίου 2011 στη Σκιάθο.

Στο Συνέδριο CEMEPE 2011 συμμετείχαν ερευνητές, επιστήμονες, περιβαλλοντολόγοι και επαγγελματίες από όλο τον κόσμο και παρουσίασαν τις εργασίες και τα συμπεράσματα τους πάνω σε θέματα που αφορούν το περιβάλλον.

Προκειμένου να υπολογίσουμε το αποτύπωμα άνθρακα του Συνεδρίου, θα λάβουμε υπ' όψιν μας τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που προέκυψαν από τα εξής στοιχεία:

(i) Μεταφορές με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς
(ii) Μεταφορές με Όχημα Ιδιωτικής Χρήσης (Ι.Χ.)
(iii) Διαμονή σε ξενοδοχείο
(iv) Γεύματα που προσφέρθηκαν στους συμμετέχοντες
(v) Λοιπές Εκπομπές

5.1.1 Δεδομένα Υπολογισμού

Στο Συνέδριο CEMEPE 2011 συμμετείχαν 230 άτομα, από τα οποία τα 85 ήταν από χώρες του εξωτερικού και τα υπόλοιπα 145 από την Ελλάδα. Το CEMEPE 2011 ανήκει στην κατηγορία των γεγονότων / εκδηλώσεων και επομένως ο υπολογισμός για το αποτύπωμα άνθρακα θα γίνει με το του Φύλλο Εργασίας *5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις* του MyCarbonFtprint.

(i) Μεταφορές με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς

Για να παρευρεθούν οι συμμετέχοντες στο CEMEPE 2011 χρησιμοποίησαν διαφόρων ειδών Μέσα Μαζικής Μεταφοράς, στα οποία συγκαταλέγονται τα Αεροπλάνα, τα Πλοία και τα Ταξί. Όπως είναι αναμενόμενο, δεν έχει πραγματοποιηθεί ακριβής καταμέτρηση των αποστάσεων. Γι' αυτό θα επεξεργαστούμε τα δεδομένα με γνώμονα τη ρεαλιστικότητα των μεγεθών.

Όλες οι αποστάσεις έχουν υπολογιστεί με τη χρήση ηλεκτρονικου χάρτη στο διαδίκτυο [Πρόγραμμα Google Earth - http://www.google.com/earth/index.html].

Συγκεκριμένα, για κάθε Μέσο Μεταφοράς θα έχουμε:

- Αεροπλάνο

Οι συμμετέχοντες που χρησιμοποίησαν Αεροπλάνο ήταν είτε από το εξωτερικό είτε από διάφορες πόλεις της Ελλάδας. Επειδή είναι όχι μόνο πρακτικά αδύνατο αλλά και ταυτόχρονα ανούσιο, δεν θα υπολογίσουμε τις εκπομπές με βάση τις ακριβείς αποστάσεις αλλά θα δημιουργήσουμε ομάδες. Για κάθε ομάδα θα λάβουμε υπ' όψιν μας μια μέση απόσταση και με βάση αυτή την απόσταση θα κάνουμε τους ζητούμενους υπολογισμούς.

Για τους συμμετέχοντες λοιπόν που ταξίδεψαν από το εξωτερικό, υπολογίζοντας μία *ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ* οι ομάδες που δημιουργήσαμε είναι αυτές του Πίνακα 5.1:

Απόσταση (Km)	Αριθμός Ατόμων	Χώρες Προέλευσης
12.500	6	Αυστραλία
9.000	12	Βραζιλία, Η.Π.Α., Καναδάς
7.000	12	Ιαπωνία, Κίνα, Μαδαγασκάρη
2.200	8	Δανία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ισπανία
1.100	20	Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία, Λιθουανία, Πολωνία
500	27	Αυστρία, Ιταλία, Κύπρος, Σερβία, Σλοβακία, Σλοβενία, Τουρκία, Τσεχία

Πίνακας 5.1 - Αποστάσεις που διήνυσαν με Αεροπλάνο οι συμμετέχοντες από το εξωτερικό του CEMEPE 2011

Για τις πτήσεις του εξωτερικού, θα θεωρήσουμε ως *Μεγάλη Απόσταση* τις αποστάσεις που είναι μεγαλύτερες από 2.000 Km, ενώ τις υπόλοιπες τις υπολογίζουμε ως *Μικρές Αποστάσεις*. Επιπλέον, επειδή δεν γνωρίζουμε με τι θέση ταξίδεψαν οι επιβάτες, σε όλες τις περιπτώσεις θα κάνουμε τους υπολογισμούς για *Άγνωστη Θέση*.

Όσον αφορά τους συμμετέχοντες από την Ελλάδα, κάνουμε την *ΠΑΡΑΔΟΧΗ* ότι το 40% από αυτούς χρησιμοποίησαν αεροπλάνο για να ταξιδέψουν μέχρι τη Σκιάθο, ενώ το υπόλοιπο 60% ταξίδεψε οδικώς. Επομένως ταξίδεψαν αεροπορικά:

$$40\% \times 145\ άτομα = 58\ άτομα$$

Για αυτές τις 58 εγχώριες πτήσεις, θεωρούμε μία *ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ* που διανύθηκε και είναι ίση με 150 Km.

- Πλοίο

Το Πλοίο ως μέσο Μαζικής Μεταφοράς χρησιμοποιήθηκε από αυτούς που ταξίδεψαν οδικά μέχρι ένα σημείο και μετά πήραν πλοίο για να φτάσουν στη Σκιάθο (από το λιμάνι του Βόλου, της Θεσσαλονίκης ή από το λιμάνι του Αγίου Κωνσταντίνου). Η *ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ* που διανύθηκε από τα (145 - 58 =) 87 άτομα θεωρούμε ότι είναι 60 Km.

Επίσης, την τελευταία ημέρα του συνεδρίου Παρασκευή, 24 Ιουνίου υπήρχε μία προαιρετική εκδρομή με πλοίο είτε για το γύρο της Σκιάθου είτε για μία εκδρομή σε ένα γειτονικό νησί, οπότε η πλειοψηφία των συμμετεχόντων χρησιμοποίησε πλοίο για αυτή την εκδρομή. Συγκεκριμένα στη εκδρομή συμμετείχαν 170 άτομα, τα οποία πραγματοποίησαν μια *ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ* 25 Km.

- Ταξί

Οι συμμετέχοντες που δε χρησιμοποίησαν Όχημα Ιδιωτικής Χρήσης για τη μετακίνηση τους προς τη Σκιάθο, προφανώς χρησιμοποίησαν Ταξί για τις απαραίτητες μετακινήσεις τους στο νησί κατά τη διάρκεια του CEMEPE 2011. Επειδή και πάλι δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε τις ακριβείς αποστάσεις που διανύθηκαν, αλλά για λόγους πληρότητας πρέπει να λάβουμε υπ’ όψιν μας και τις συγκεκριμένες εκπομπές, θα κάνουμε την *ΠΑΡΑΔΟΧΗ* ότι χρησιμοποιήθηκε ταξί από 130 άτομα για μία *ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ* ίση με 10 Km.

(ii) Μεταφορές με Όχημα Ιδιωτικής Χρήσης (Ι.Χ)

Όπως αναφέραμε, τα άτομα που χρησιμοποίησαν Όχημα Ι.Χ., προκειμένου να μεταφερθούν στη Σκιάθο ήταν 87 άτομα. Επειδή είναι πρακτικά αδύνατο σε τέτοιες περιπτώσεις να έχουμε περισσότερες πληροφορίες για τα οχήματα που χρησιμοποιήθηκαν, το μόνο που μας ενδιαφέρει είναι μια μέση απόσταση που διανύει το Επιβατηγό Όχημα. Θεωρούμε λοιπόν ότι οι 87 συμμετέχοντες διήνυσαν μια *ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ* (για τη διαδρομή προς και από τη Σκιάθο) ίση με 400Km.

(iii) Διαμονή σε Ξενοδοχείο

Σημαντικό κομμάτι των συνολικών εκπομπών σε τέτοιες περιπτώσεις είναι οι εκπομπές που οφείλονται στη διαμονή των συμμετεχόντων. Συγκεκριμένα, αυτό που μας ενδιαφέρει είναι το πλήθος των δωματίων που χρησιμοποιήθηκαν, το πλήθος των βραδιών διαμονής και ο τύπος του ξενοδοχείου.

Κατά τη διάρκεια του Συνεδρίου, οι περισσότεροι συμμετέχοντες είχαν ως κατάλυμα το ξενοδοχείο που έγινε το Συνέδριο. Γενικά χρησιμοποιήθηκαν 140 δωμάτια, από τα οποία τα 110 βρίσκονταν στο ξενοδοχείου που έγινε το Συνέδριο (Πολυτελές Ξενοδοχείο) και τα υπόλοιπα 30 σε κοντινά καταλύματα (Μέσο Ξενοδοχείο).

Για λόγους απλότητας των υπολογισμών, κάναμε την *ΠΑΡΑΔΟΧΗ* ότι όλοι οι συμμετέχοντες έμειναν στα καταλύματα 6 βράδια.

(iv) Γεύματα που προσφέρθηκαν στους συμμετέχοντες

Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του CEMEPE 2011 παρατέθηκαν στους συμμετέχοντες τα εξής 7 γεύματα:

Κυριακή, 19.06.2011 → Βραδινό
Δευτέρα, 20.06.2011 → Μεσημεριανό
Τρίτη, 21.06.2011 → Μεσημεριανό, Wine and Cheese Party (Βράδυ)
Τετάρτη, 22.06.2011 → Μεσημεριανό, Banquet (Βράδυ)
Πέμπτη, 23.06.2011 → Μεσημεριανό

Στα γεύματα αυτά έλαβαν μέρος όλοι οι συμμετέχοντες του CEMEPE 2011, και επομένως θα υπολογιστούν στο αποτύπωμα άνθρακα του Συνεδρίου οι εκπομπές λόγω των γευμάτων (για 230 άτομα).

(v) Λοιπές Εκπομπές

Επειδή δεν έχουμε στη διάθεση μας επιπλέον πληροφορίες για εκπομπές που μπορεί να οφείλονται στο Συνέδριο (π.χ. εκπομπές λόγω της κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας), θα προσθέσουμε στις εκπομπές του CEMEPE 2011 τις επιπλέον εκπομπές που ορίζουμε στο εργαλείο MyCarbonFtprint, όπως αυτές έχουν αναφερθεί στο Κεφάλαιο 4.

5.1.2 Υπολογισμός του αποτυπώματος με το εργαλείο MyCarbonFtprint

Για να υπολογίσουμε το αποτύπωμα άνθρακα του Συνεδρίου CEMEPE 2011 με το MyCarbonFtprint, θα εισάγουμε τα στοιχεία που θεωρήσαμε πιο πριν στα αντίστοιχα Φύλλα Εργασίας.

Συγκεκριμένα, ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα για τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς θα γίνει με την εισαγωγή των δεδομένων στο πεδίο *5.α Μετακίνηση με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς*, του Φύλλου Εργασίας *5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις* του MyCarbonFtprint.

Ο υπολογισμός για τις εκπομπές λόγω της χρήσης Οχήματις Ι.Χ. θα γίνει με την εισαγωγή των δεδομένων στο πεδίο *5.β Μετακίνηση με Αυτοκίνητο*, του Φύλλου Εργασίας *5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις* του MyCarbonFtprint.

Για τις εκπομπές που προκύπτουν από τη διαμονή των συμμετεχόντων σε ξενοδοχεία, θα εισαχθούν τα δεδομένα στο πεδίο *5.γ Διαμονή σε Ξενοδοχείο,* του Φύλλου Εργασίας *5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις* του MyCarbonFtprint.

Τέλος, όσον αφορά τα Γεύματα που παρετέθηκαν και τις Λοιπές Εκπομπές, ο υπολογισμός θα γίνει με την εισαγωγή των δεδομένων στο πεδίο *5.ε Επιπλέον Εκπομπές* (γραμμή με τίτλο ***Γεύματα*** και γραμμή με τίτλο ***Ατομικές Εκπομπές*** αντίστοιχα), του Φύλλου Εργασίας *5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις* του MyCarbonFtprint.

Στις εικόνες που ακολουθούν απεικονίζονται τα αποτελέσματα του MyCarbonFtprint για το συγκεκριμένο αποτύπωμα άνθρακα.

5.α Μετακίνηση με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς						
Χώρα	Όχημα - Τύπος Μεταφοράς	Αριθμός Επιβατών	Απόσταση που πραγματοποιήθηκε [One-Way] (Km)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)	Συνολικές Εκπομπές CH_4 (kg))	Συνολικές Εκπομπές N_2O (kg)
Άλλη	Αεροπλάνο - Μεγάλη Απόσταση - Άγνωστη θέση (US)	6	12.500	16,9785	0	0
Άλλη	Αεροπλάνο - Μεγάλη Απόσταση - Άγνωστη θέση	12	9.000	24,44904	0	0
Άλλη	Αεροπλάνο - Μεγάλη Απόσταση - Άγνωστη θέση	12	7.000	19,01592	0	0
Άλλη	Αεροπλάνο - Μεγάλη Απόσταση - Άγνωστη θέση	8	2.200	3,984288	0	0
Άλλη	Αεροπλάνο - Μικρή Απόσταση - Άγνωστη θέση	20	1.100	4,268	0	0
Άλλη	Αεροπλάνο - Μικρή Απόσταση - Άγνωστη θέση	27	500	2,619	0	0
Άλλη	Αεροπλάνο - Εγχώρια Πτήση	58	150	2,983578	0	0
Άλλη	Μεγάλο Πλοίο	87	60	1,202688	0	0
Άλλη	Μεγάλο Πλοίο	170	25	0,9792	0	0
Άλλη	Ταξί	130	10	0,371579973	0,032311302	0,033926867
Συνολικές Εκπομπές:				**76,85179397**	**0,032311302**	**0,033926867**

Εικόνα 5.1 - Αποτέλεσμα υπολογισμού των εκπομπών του Συνεδρίου CEMEPE 2011 λόγω της χρήσης Μέσων Μαζικής Μεταφοράς, από το εργαλείο MyCarbonFtprint

5.β Μετακίνηση με Αυτοκίνητο				
Χώρα	Όχημα - Τύπος Μεταφοράς	Πλήθος Αυτοκινήτων	Απόσταση που πραγματοποιήθηκε (Km)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)
Άλλη	Επιβατηγό	87	400	9,000144397
Συνολικές Εκπομπές:				9,000144397

5.γ Διαμονή σε Ξενοδοχείο			
Τύπος Ξενοδοχείου	Πλήθος Δωματίων	Βραδιές Διαμονής	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)
Πολυτελές ξενοδοχείο	110	6	22,0308
Μέσο Ξενοδοχείο	30	6	5,3154
Συνολικές Εκπομπές:			27,3462

Εικόνα 5.2 - Αποτέλεσμα υπολογισμού των εκπομπών του Συνεδρίου CEMEPE 2011 λόγω της χρήσης Οχήματος Ι.Χ. και της διαμονής σε ξενοδοχείο, από το εργαλείο MyCarbonFtprint

5.ε Επιπλέον Εκπομπές			
Δραστηριότητα	Αριθμός Συμμετεχόντων	Αριθμός Γευμάτων	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)
Γεύματα	230	7	3,542
Ατομικές Εκπομπές	230	-	1,15
Συνολικές Εκπομπές:			4,692

Εικόνα 5.3 - Αποτέλεσμα υπολογισμού των εκπομπών του Συνεδρίου CEMEPE 2011 που προκύπτουν από τα Γεύματα και τις Επιπλέον Εκπομπές, από το εργαλείο MyCarbonFtprint

Επομένως, το αποτύπωμα άνθρακα του Συνεδρίου CEMEPE 2011 όπως προκύπτει από τον υπολογισμό με το εργαλείο MyCarbonFtprint αθροιστικά για κάθε κατηγορία είναι:

Κατηγορία	Εκπομπές CO_2 (τόνοι)	Εκπομπές CH_4 (kg)	Εκπομπές N_2O (kg)
Μετακίνηση με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς	76,85	0,032	0,034
Μετακίνηση με Όχημα Ι.Χ.	9,00	-	-
Διαμονή σε Ξενοδοχείο	27,35	-	-
Επιπλέον Εκπομπές (Γεύματα & Επιπλέον Εκπομπές)	4,69	-	-
ΣΥΝΟΛΟ:	**117,89**	**0,032**	**0,034**

Πίνακας 5.2 - Αθροιστικά αποτελέσματα από τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα του Συνεδρίου CEMEPE 2011, με τη χρήση του εργαλείου MyCarbonFtprint

5.1.3 Υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα με άλλα προγράμματα

Για να υπολογίσουμε το αποτύπωμα άνθρακα του Συνεδρίου CEMEPE 2011, θα χρησιμοποιήσουμε δύο από τις εγκυρότερες εφαρμογές που διατίθενται δωρεάν στο διαδίκτυο από εταιρίες που υπολογίζουν το αποτύπωμα άνθρακα και ασχολούνται με τα αντισταθμίσματα άνθρακα. Οι εφαρμογές αυτές και οι ιστοσελίδες που διατίθενται είναι οι:

- Carbonfund.org [http://www.carbonfund.org/]
- Terra pass [http://www.terrapass.com/]

Εισάγοντας λοιπόν τα δεδομένα της Ενότητας 5.1.1 στα πεδία των εν λόγω ιστοσελίδων υπολογίζουμε το ζητούμενο αποτύπωμα άνθρακα. Αναλυτικότερα για κάθε πρόγραμμα θα έχουμε:

5.1.3.1 Υπολογισμός με την Εφαρμογή Carbonfund.org

Για να υπολογίσουμε το αποτύπωμα άνθρακα του Συνεδρίου CEMEPE 2011 χρησιμοποιήσαμε το εργαλείο υπολογισμού που διατίθεται δωρεάν από την εταιρία Carbonfund και βρίσκεται στην ιστοσελίδα:

http://www.carbonfund.org/business/calculator

Στην εφαρμογή της σελίδας έγινε εισαγωγή των δεδομένων που βρίσκονται στην Ενότητα 5.1.1. Τα πεδία της συγκεκριμένης εφαρμογής αφορούν τις εκπομπές λόγω των Μετακινήσεων με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς, με Όχημα Ι.Χ. καθώς και των εκπομπών που δημιουργούνται από γεύματα που παρέχονται και διαμονή σε ξενοδοχείο.

Όσον αφορά τις μετακινήσεις με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (μόνο με Αεροπλάνο στην περίπτωση μας), οι ομάδες αποστάσεων που ορίζονται είναι διαφορετικές από αυτές που θεωρήσαμε στην Ενότητα 5.1.1. Θα ομαδοποιήσουμε κατάλληλα τα δεδομένα προκειμένου να ταιριάζουν στα πεδία της συγκεκριμένης Εφαρμογής. Επίσης, δεν υπολογίζονται ως αποστάσεις μίας διαδρομής (one-way) αλλά σαν γενικότερες αποστάσεις, οπότε θα μετατραπούν και τα δεδομένα ανάλογα.

Στην Εικόνα 5.4 απεικονίζονται η ιστοσελίδα με τα δεδομένα που εισάγαμε και τα αποτελέσματα που προέκυψαν:

Εικόνα 5.4 - Αποτέλεσμα υπολογισμού των εκπομπών του Συνεδρίου CEMEPE 2011, με το εργαλείο Carbonfund.org [http://www.carbonfund.org/business/calculator]

Παρατηρούμε ότι η Εφαρμογή Carbonfund.org δεν δίνει τις επιμέρους εκπομπές για κάθε κατηγορία εκπομπών αλλά το τελικό άθροισμα. Για λόγους πληρότητας όμως θα υπολογίσουμε τις επιμέρους εκπομπές και θα παρουσιαστούν στον Πίνακα 5.3.

5.1.3.2 Υπολογισμός με την Εφαρμογή Terra Pass

Ως δεύτερο εργαλείο υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα του Συνεδρίου CEMEPE 2011 χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο υπολογισμού που διατίθεται δωρεάν από την εταιρία Terra Pass και βρίσκεται στην ιστοσελίδα:

http://www.terrapass.com/event-carbon-calculator/

Η συγκεκριμένη εφαρμογή υπολογίζει τις εκπομπές που προκύπτουν από τις μετακινήσεις με Αεροπλάνα και Οχήματα Ι.Χ. και τις εκπομπές από τις διανυκτερεύσεις σε ξενοδοχείο. Όσον αφορά τις αεροπορικές μετακινήσεις, το συγκεκριμένο εργαλείο διαθέτει μόνο 3 κατηγορίες: Σύντομες, Μεσαίες και Μεγάλες Πτήσεις. Γίνεται λοιπόν προσαρμογή και εισαγωγή των δεδομένων της Ενότητας 5.1.1.

Και σε αυτή την Εφαρμογή δεν αναφέρονται οι επιμέρους εκπομπές κάθε κατηγορίας, οπότε για να είναι εφικτή η σύγκριση και η αξιολόγηση της εφαρμογής θα αναφέρουμε στον Πίνακα 5.3 τις επιμέρους εκπομπές που προκύπτουν.

Στην εικόνα 5.5 απεικονίζονται η ιστοσελίδα με τα δεδομένα που εισάγαμε και τα αποτελέσματα που προέκυψαν:

terrapass Individuals & families | Businesses | Carbon project

Air travel

How many attendees are taking short flights? 170

A short flight takes less than two hours.
For example, Boston to Washington, DC.

How many attendees are taking medium flights? 56

A medium flight takes about four hours.
For example, New York to Dallas.

How many attendees are taking long flights? 60

A long flight is anything over four hours.
For example, New York to Los Angeles.

Car travel

How many cars are being driven to the event? 87

The average one-way trip length in miles? 200

Hotel

How many hotel room nights will attendees need? 840

This is the total number of hotel rooms multiplied by the number of nights. For example, 20 hotel rooms per night for 3 nights would be 60 hotel room nights.

Calculate your footprint

Total event carbon footprint

YOUR CARBON FOOTPRINT: 361,625 lbs CO_2

349,000 lbs CO2 - $2,076.55 Add to Cart

Εικόνα 5.5 - Αποτέλεσμα υπολογισμού των εκπομπών του Συνεδρίου CEMEPE 2011, με το εργαλείο Terra Pass [http://www.terrapass.com/event-carbon-calculator/]

Παρατηρούμε ότι το αποτέλεσμα δίνεται σε λίβρες. Κάνοντας τη μετατροπή υπολογίζουμε ότι το συνολικό αποτέλεσμα της Εφαρμογής Terra Pass είναι:

164,03 t CO_2

5.1.3.3 Συνολικά αποτελέσματα των εφαρμογών Carbonfund.org και Terra Pass

Οι εκπομπές που προκύπτουν από τις δύο εφαρμογές για την κάθε κατηγορία παρουσιάζονται στον Πίνακα που ακολουθεί:

Κατηγορία	Εκπομπές CO_2 (τόνοι)	
	Carbonfund.org	Terra Pass
Μετακίνηση με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς	79,18	124,74
Μετακίνηση με Όχημα Ι.Χ.	10,49	15,44
Διαμονή σε Ξενοδοχείο	27,29	23,85
Επιπλέον Εκπομπές (Γεύματα & Επιπλέον Εκπομπές)	0,53	-
ΣΥΝΟΛΟ:	**117,49**	**164,03**

Πίνακας 5.3 - Αθροιστικά αποτελέσματα από τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα του Συνεδρίου CEMEPE 2011, με τη χρήση του εργαλείου MyCarbonFtprint.

5.1.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των Πινάκων 5.2 και 5.3, παρατηρούμε ότι το MyCarbonFtprint και το Carbonfund βρήκαν αποτελέσματα που δεν έχουν μεγάλες αποκλίσεις. Συγκεκριμένα:

→ Όσον αφορά τις Μετακινήσεις με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς τα αποτελέσματα των δύο προγραμμάτων έχουν μια μικρή διαφορά, η οποία οφείλεται στο ότι στο MyCarbonFtprint δεν υπάρχει περιορισμός στις αποστάσεις που μπορούν να εκτιμηθούν, με αποτέλεσμα να εισάγονται αναλυτικότερα οι αποστάσεις που πραγματοποιήθηκαν. Το Carbonfund παρέχει λιγότερες δυνατότητες επιλογές γιατί χωρίζει τις αποστάσεις σε κατηγορίες με μεγαλύτερο εύρος, υπολογίζοντας έπειτα με μία ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ. Θεωρούμε λοιπόν ότι τα αποτελέσματα του MyCarbonFtprint είναι πιο ακριβή.

→ Η σημαντικότερη διαφορά ανάμεσα στα αποτελέσματα των δύο προγραμμάτων βρίσκεται στην κατηγορία Επιπλέον Εκπομπές, με τα αποτελέσματα του Carbonfund να είναι αρκετά μικρότερα. Η βασικότερη αιτία αυτής της διαφοράς είναι ότι το Carbonfund δεν περιλαμβάνει στους υπολογισμούς του επιπλέον εκπομπές για διάφορες δραστηριότητες, ενώ το MyCarbonFtprint τις υπολογίζει.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του MyCarbonFtprint με αυτά της εφαρμογής Terra Pass, παρατηρούμε ότι παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις, καθώς η εφαρμογή Terra Pass καταλήγει σε ένα κατά πολλούς τόνους μεγαλύτερο αποτύπωμα άνθρακα. Στη συνέχεια γίνεται εκτενής αναφορά στις αιτίες για τις εν λόγω αποκλίσεις. Συγκεκριμένα:

→ Η μεγαλύτερη απόκλιση ανάμεσα στα αποτελέσματα των δύο προγραμμάτων βρίσκεται στις Μετακινήσεις με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς. Η κυριότερη αιτία για αυτή τη διαφορά είναι ότι το MyCarbonFtprint δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη για αναλυτικότερο υπολογισμό των εκπομπών, αφού δεν υπάρχει περιορισμός στις αποστάσεις που μπορούν να εκτιμηθούν. Έτσι έγινε εισαγωγή δεδομένων ανάλογα με την προέλευση των συμμετεχόντων. Επειδή η εφαρμογή Terra Pass έχει μόνο τρεις κατηγορίες αποστάσεων, μετράει το αποτύπωμα με μια ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ που είναι άλλοτε κατά πολύ μεγαλύτερη και άλλοτε σημαντικά μικρότερη από την πραγματική. Τα αποτελέσματα που δίνει η συγκεκριμένη εφαρμογή δεν μπορεί να είναι ακριβή γιατί το εύρος για κάθε κατηγορία είναι πολύ μεγάλο και το αποτέλεσμα ιδιαίτερα γενικευμένο.

→ Οι εκπομπές που δημιουργούνται από τη διαμονή των συμμετεχόντων σε ξενοδοχείο υπολογίζονται και από τις δύο εφραμογές αλλά η Terra Pass υπολογίζει μικρότερο αποτύπωμα. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο ότι το MyCarbonFtprint δίνει τη δυνατότητα να υπολογιστεί το αποτύπωμα άνθρακα ανάλογα με την κατηγορία του ξενοδοχείου, με την παραδοχή ότι κατά τη διαμονή σε πολυτελή ξενοδοχεία εκπέμπονται μεγαλύτερες ποσότητες CO_2, ενώ η εφαρμογή Terra Pass δεν δίνει τέτοιες επιλογές.

→ Στην τελευταία κατηγορία που αφορά τις εκπομπές που οφείλονται σε γεύματα ή γενικά επιπλέον εκπομπές, παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει πεδίο υπολογισμού στην εφαρμογή Terra Pass.

Συγκρίνοντας και τα τρία προγράμματα μαζί ως προς τα αποτελέσματα τους διαπιστώνουμε επιπλέον ότι:

→ Τα προγράμματα Carbonfund και Terra Pass *ΔΕΝ* δεν υπολιγίζουν τις εκπομπές που προκύπτουν από μετακινήσεις με Πλοίο και Ταξί, ενώ στο MyCarbonFtprint λαμβάνονται υπ’ όψιν οι συγκεκριμένες εκπομπές.

→ Στην κατηγορία Μετακινήσεις με Όχημα Ι.Χ. τα αποτελέσματα των προγραμμάτων διαφέρουν αρκετά. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο MyCarbonFtprint ο χρήστης επιλέγει τη Χώρα στην οποία έγιναν οι μετακινήσεις, ενώ τα άλλα προγράμματα δε δίνουν αυτή την επιλογή. Έτσι τα αποτελέσματα του MyCarbonFtprint είναι πιο ακριβή γιατί είναι προσαρμοσμένα στα δεδομένα της χώρας που έγιναν οι εκπομπές.

→ Τέλος, παρατηρούμε ότι οι εφαρμογές Carbonfund και Terra Pass υπολογίζουν εκπομπές μόνο για το CO_2, ενώ το MyCarbonFtprint υπολογίζει και τις εκπομπές σε CH_4 και N_2O.

Παρατηρούμε επομένως ότι το MyCarbonFtprint είναι το πληρέστερο εργαλείο. Δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να υπολογίσει με ακρίβεια το αποτύπωμα άνθρακα του, υπολογίζοντας το για όσο το δυνατόν περισσότερες διαδικασίες.

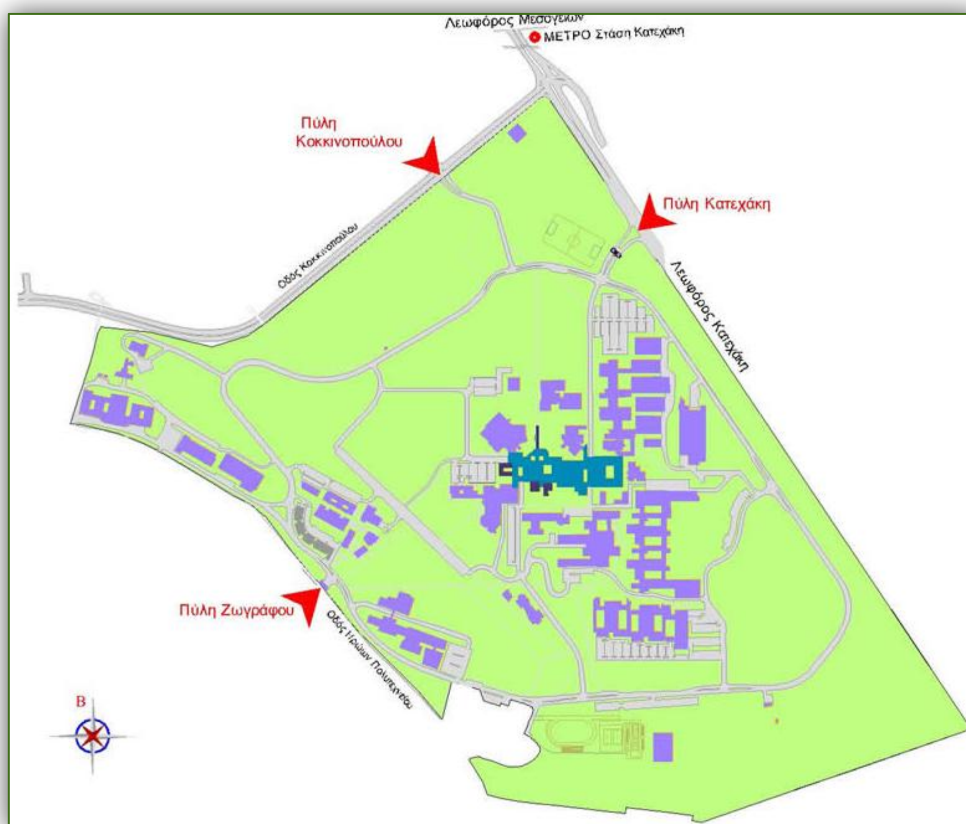
5.2 Μελέτη 2ης Περίπτωσης: Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου

Σε αυτή την ενότητα θα υπολογίσουμε το αποτύπωμα άνθρακα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου για το έτος 2009. Θα αναλύσουμε τα δεδομένα που έχουμε και θα υπολογίσουμε το αποτύπωμα με το MyCarbonFtprint. Στη συνέχεια θα συγκριθεί το αποτέλεσμα με το αποτύπωμα άνθρακα που προέκυψε από την εφαρμογή Carbon Footprint (ιστοσελίδα www.carbonfootprint.com).

Για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα της Πολυτεχνειούπολης θα λάβουμε υπ' όψιν μας τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που προκύπτουν από τα εξής στοιχεία (σε ετήσια βάση):

(i) Ηλεκτρική Ενέργεια
(ii) Ενέργεια Θέρμανσης
(iii) Καύσεις Εργαστηρίων
(iv) Μεταφορές υπαλλήλων και φοιτητών

[Οι πληροφορίες που θα χρησιμοποιήσουμε για την Ηλεκτρική Ενέργεια, την Ενέργεια Θέρμανσης και τις Καύσεις των Εργαστηρίων, δόθηκαν από τον κο Βασίλειο Χ. Καψάλη, του Γραφείου Ενεργειακής Διαχείρισης ΕΜΠ, Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών, Τμήμα Εκτέλεσης Έργων.]



Εικόνα 5.5 - Χάρτης Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου [Πηγή: http://map.ntua.gr/pmaps/map.jpg]

5.2.1 Δεδομένα Υπολογισμού

(i) Ηλεκτρική Ενέργεια

Η Ηλεκτρική Ενέργεια που χρησιμοποιείται στην Πολυτεχνειούπολη για την κάλυψη των αναγκών της, προέρχεται από τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) και είναι εκφρασμένη σε MWh. Τα δεδομένα που υπάρχουν για την ετήσια κατανάλωση αφορούν μόνο το έτος 2007. Κάνουμε λοιπόν την *ΠΑΡΑΔΟΧΗ* ότι για το έτος υπολογισμού 2009 οι ανάγκες για ηλεκτρισμό θα είναι ίδιες. Επομένως, η συνολική ετήσια κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι: **16.000 MWh**.

(ii) Θερμική Ενέργεια

Οι ανάγκες της Πολυτεχνειούπολης για Θερμική Ενέργεια καλύπτονται πλήρως από το 2008 με Φυσικό Αέριο. Η σύνδεση της Πολυτεχνειούπολης με το Φυσικό Αέριο έγινε σε δύο φάσεις: το Νοέμβριο του 2006 άρχισε να λειτουργεί ο μετρητής που βρίσκεται στην Ηρώων Πολυτεχνείου και το Νοέμβριο του 2007 τέθηκε σε λειτουργία ο μετρητής που βρίσκεται στην Κοκκινοπούλου. Μέχρι το Δεκέμβριο του 2007, χρησιμοποιούνταν για Θερμική Ενέργεια πετρέλαιο θέρμανσης και φυσικό αέριο. Από τον Ιανουάριο του 2008 χρησιμοποιείται μόνο Φυσικό Αέριο και η συνολική ετήσια κατανάλωση του Φυσικού Αερίου για το έτος 2009 είναι: **8.100 MWh**.

(iii) Καύσεις Εργαστηρίων

Μία άλλη πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι οι καύσεις που πραγματοποιούνται στα εργαστήρια της Πολυτεχνειούπολης. Στα εργαστήρια χρησιμοποιούνται διάφορα καύσιμα, για τα οποία δεν γνωρίζουμε ακριβώς τις ποσότητες που καταναλώνονται. Γνωρίζουμε όμως από μετρήσεις που έχουν γίνει ότι η ενέργεια που καταναλώνεται για τις καύσεις των εργαστηρίων είναι μικρότερη από το 5% των συνολικών θερμικών καταναλώσεων. Έτσι θα κάνουμε την *ΠΑΡΑΔΟΧΗ* ότι το ίδιο ισχύει και για τις εκπομπές τους. Επομένως, αφού υπολογίσουμε τις εκπομπές που προκύπτουν από την κατανάλωση της Θερμικής Ενέργειας, θα υπολογίσουμε το 5% που αναλογεί στις καύσεις των εργαστηρίων και θα το αθροίσουμε στο συνολικό αποτύπωμα.

(iv) Μεταφορές Υπαλλήλων και Φοιτητών

Στο αποτύπωμα άνθρακα της Πολυτεχνειούπολης κρίνεται επίσης απαραίτητο να προσθέσουμε τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται λόγω της μετακίνησης των υπαλλήλων και των φοιτητών, μιας και αποτελούν σημαντική ποσότητα εκπομπών. Για τις συγκεκριμένες εκπομπές θα λάβουμε υπ' όψιν μας τόσο τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς όσο και τα Οχήματα Ι.Χ. που χρησιμοποιούνται. Όμως ΔΕΝ θα συμπεριλάβουμε εκπομπές από Μέσα Μαζικής Μεταφοράς που απλώς εξυπηρετούν την Πολυτεχνειούπολη (π.χ. γραμμές λεωφορείων 608, 230 και 140), παρά μόνο τις εκπομπές των Μέσων που η λειτουργία τους βασίζεται στην εξυπηρέτηση των φοιτητών και των εργαζομένων.

Όλες οι αποστάσεις έχουν υπολογιστεί με τη χρήση ηλεκτρονικου χάρτη στο διαδίκτυο [Πρόγραμμα Google Earth - http://www.google.com/earth/index.html].

Συγκεκριμένα, θα υπολογίσουμε το αποτύπωμα άνθρακα στις εξής τρεις περιπτώσεις:

- Λεωφορείο 242

Το λεωφορείο 242 λειτουργεί αποκλειστικά για να μεταφέρει τους φοιτητές και τους υπαλλήλους της Πολυτεχνειούπολης από και προς το σταθμό του ΜΕΤΡΟ Κατεχάκη. Το 242 πραγματοποιεί κατά μέσο όρο 60 κυκλικά δρομολόγια ημερησίως τις καθημερινές, ενώ δεν λειτουργεί σαββατοκύριακα, αργίες και τον Αύγουστο. Επομένως έχουμε:

$$5\,\frac{ημέρες\ δρομολογίων}{εβδομάδα} \times 48\,\frac{εβδομάδες}{έτος} = 240\,\frac{ημέρες\ δρομολογίων}{έτος}$$

Αν από αυτές τις ημέρες των δρομολογίων αφαιρέσουμε και 10 ημέρες λόγω αργιών, καταλήγουμε ότι το λεωφορείο 242 πραγματοποιεί δρομολόγια περίπου 230 ημέρες ετησίως. Συνολικά δηλαδή έχουμε σε ετήσια βάση:

$$230\,\frac{ημέρες\ δρομολογίων}{έτος} \times 60\,\frac{δρομολόγια}{ημέρα} = \mathbf{13.800}\,\frac{\boldsymbol{δρομολόγια}}{\boldsymbol{έτος}}$$

Επίσης, με τη βοήθεια ηλεκτρονικού χάρτη στο διαδίκτυο υπολογίσαμε ότι η συνολική απόσταση που διανύει το 242 σε κάθε δρομολόγιο είναι περίπου 5 Km. Τα λεωφορεία που χρησιμοποιούνται για το δρομολόγιο καταναλώνουν Diesel.

- Πούλμαν του ΕΜΠ

Το Πούλμαν αυτό λειτουργεί τις ίδιες ημέρες με το λεωφορείο 242, και μεταφέρει κυρίως υπαλλήλους στην Πολυτεχνειούπολη. Πραγματοποιεί ημερησίως 4

δρομολόγια από την οδό Πατησίων μέχρι την Πολυτεχνειούπολη και άλλα 4 δρομολόγια Πολυτεχνειούπολη - Πατησίων. Επομένως, σε ετήσια βάση θα είναι:

$$230\,\frac{ημέρες\ δρομολογίων}{έτος} \times 8\,\frac{δρομολόγια}{ημέρα} = \mathbf{1.840}\,\frac{\boldsymbol{δρομολόγια}}{\boldsymbol{έτος}}$$

Με τη βοήθεια ηλεκτρονικού χάρτη στο διαδίκτυο υπολογίσαμε ότι η συνολική απόσταση που διανύει το πούλμαν σε κάθε δρομολόγιο είναι περίπου 4,5 Km.

- Οχήματα Ι.Χ.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να λάβουμε υπ' όψιν μας τις εκπομπές που προκύπτουν από τη χρήση οχήματος Ι.Χ., μιας και σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (http://www.ntua.gr/), το 80% του πληθυσμού της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου χρησιμοποιούν Ι.Χ. αυτοκίνητα για τη μετακίνηση τους από και προς την Πολυτεχνειούπολη. Οι χρήστες οχημάτων Ι.Χ. είναι εργαζόμενοι, φοιτητές και επισκέπτες.

Σύμφωνα με ανεπίσημα στοιχεία που μας δόθηκαν, στην Πολυτεχνειούπολη απασχολούνται 1708 άτομα (ΙΔΑΧ, μόνιμοι υπάλληλοι, ΕΤΕΠ, ΕΕΔΙΠ, ΔΕΠ, βοηθοί και Επιστημονικοί Συνεργάτες). Οι εργαζόμενοι έρχονται στην πλειοψηφία τους καθημερινά στην Πολυτεχνειούπολη. Για τους φοιτητές όμως και τους επισκέπτες δεν είναι δυνατό να γνωρίζουμε ακριβή στοιχεία για το πόσοι πηγαίνουν καθημερινά στην Πολυτεχνειούπολη.

Από μετρήσεις που έχουν γίνει (σύμφωνα με την ιστοσελίδα του Ε.Μ.Π.) έχουν παρατηρηθεί σε περιόδους αιχμής πάνω από 10.000 μετακινήσεις ημερησίως, ενώ στην Πολυτεχνειούπολη υπάρχουν πάνω από 2.000 θέσεις στάθμευσης. Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι δεν υπάρχει η ίδια κινητικότητα κάθε μέρα, κάνουμε την *ΠΑΡΑΔΟΧΗ* ότι ημερησίως γίνονται 3.000 μετακινήσεις με Επιβατηγό Όχημα Ι.Χ. που χρησιμοποιεί ως καύσιμο βενζίνη, και επομένως σε ετήσια βάση έχουμε:

$$230\,\frac{ημέρες\ μετακινήσεων}{έτος} \times 3000\,\frac{οχήματα}{ημέρα} = \mathbf{690.000}\,\frac{\boldsymbol{οχήματα}}{\boldsymbol{έτος}}$$

Από αυτά τα οχήματα θεωρούμε ότι το 30% (207.000 οχήματα) έχουν έτος κατασκευής 1994 - 2004 και το υπόλοιπο 70% (483.000 οχήματα) έχουν έτος κατασκευής 2005 - παρόν.

Επίσης, κάνουμε την *ΠΑΡΑΔΟΧΗ* ότι για κάθε μετακίνηση πραγματοποιείται μία απόσταση κατά μέσο όρο 10 Km, οπότε για μία μετακίνηση από και προς την Πολυτεχνειούπολη, θεωρούμε μια *ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ* 20 Km.

5.2.2 Υπολογισμός του αποτυπώματος με το εργαλείο MyCarbonFtprint

Για να υπολογίσουμε το αποτύπωμα άνθρακα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου με το MyCarbonFtprint, θα εισάγουμε τα στοιχεία που αναφέραμε πιο πριν στα αντίστοιχα Φύλλα Εργασίας.

Συγκεκριμένα, ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα από την κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας θα γίνει με το πεδίο *2.1 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ*, του Φύλλου Εργασίας *2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση* του MyCarbonFtprint.

Ο υπολογισμός των εκπομπών που οφείλονται στην κατανάλωση Φυσικού Αερίου για την ικανοποίηση των αναγκών Θερμικής Ενέργειας, θα γίνει με την εισαγωγή των δεδομένων στο πεδίο *2.3 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ*, του Φύλλου Εργασίας *2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση* του MyCarbonFtprint.

Όσον αφορά τις μεταφορές των φοιτητών και των εργαζομένων στην Πολυτεχνειούπολη, ο υπολογισμός για τις εκπομπές από τη χρήση του Λεωφορείου 242 θα γίνει με την εισαγωγή των δεδομένων που αναλύθηκαν στο πεδίο *4.1.α ΟΧΗΜΑ (Γνωστή Απόσταση)*, του Φύλλου Εργασίας *4. Μεταφορές* του MyCarbonFtprint. Το συγκεκριμένο πεδίο θεωρείται καταλληλότερο για τον υπολογισμό μας από το πεδίο *4.2 ΜΕΣΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ (Για Γνωστή Απόσταση)*, γιατί δεν γνωρίζουμε τον αριθμό των επιβατών αλλά μόνο την απόσταση που διανύεται. Επίσης, Το κάθε δρομολόγιο γίνεται με διαφορετικό όχημα γι’ αυτό και τον αριθμό των δρομολογίων, θα τον εισάγουμε στη Στήλη με τίτλο **Αριθμός Οχημάτων**

Ο υπολογισμός των εκπομπών που προκύπτουν από το Πούλμαν του ΕΜΠ θα γίνει με την εισαγωγή των δεδομένων στο πεδίο *4.1.α ΟΧΗΜΑ (Γνωστή Απόσταση)*, του Φύλλου Εργασίας *4. Μεταφορές* του MyCarbonFtprint. Θα εισάγουμε τον αριθμό των δρομολογίων στη Στήλη με τίτλο **Αριθμός Οχημάτων**. Επίσης, τα πούλμαν που χρησιμοποιούνται για τα δρομολόγια καταναλώνουν Βενζίνη.

Τέλος, όσον αφορά τις Μεταφορές με Όχημα Ι.Χ., ο υπολογισμός θα γίνει με την εισαγωγή των δεδομένων στο πεδίο *4.1.α ΟΧΗΜΑ (Γνωστή Απόσταση)*, του Φύλλου Εργασίας *4. Μεταφορές* του MyCarbonFtprint.

Στις εικόνες που ακολουθούν απεικονίζονται τα αποτελέσματα του MyCarbonFtprint για το συγκεκριμένο αποτύπωμα άνθρακα.

2.1 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ				
Χώρα	Συντελεστής Εκπομπής (kg/kWh)	Κατανάλωση	Μονάδα Μέτρησης	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)
Ελλάδα	0,989	16.000	MWh	15824
				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
				0
Συνολικές Εκπομπές:				15824

Εικόνα 5.6 - Αποτέλεσμα υπολογισμού των εκπομπών της Πολυτεχνειούπολης από τη χρήση Ηλεκτρικής Ενέργειας, από το εργαλείο MyCarbonFtprint

2.3 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ				
Χώρα	Κατανάλωση (kWh)	Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)	Συνολικές Εκπομπές CH_4 (kg)	Συνολικές Εκπομπές N_2O (kg)
Ελλάδα	8.100.000	1587,470399	141,75	2,835
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
Συνολικές Εκπομπές:		1587,470399	141,75	2,835

Εικόνα 5.7- Αποτέλεσμα υπολογισμού των εκπομπών της Πολυτεχνειούπολης από τη χρήση Φυσικού Αερίου ως καύσιμο Θερμικής Ενέργειας, από το εργαλείο MyCarbonFtprint

4.1.α ΟΧΗΜΑ (Γνωστή Απόσταση)				
Χώρα	**Όχημα - Καύσιμο - Έτος Κατασκευής Οχήματος**	**Αριθμός Οχημάτων**	**Απόσταση που πραγματοποιήθηκε (km)**	**Συνολικές Εκπομπές CO_2 (τόνοι)**
Άλλη	Λεωφορείο - Diesel	13.800	5	117,3953235
Άλλη	Λεωφορείο - Βενζίνη	1.840	4,5	8,848018289
Άλλη	Επιβατηγό - Βενζίνη (1994 - 2004)	207.000	20	983,1131432
Άλλη	Επιβατηγό - Βενζίνη (2005 - ...)	483.000	20	2293,930667
Συνολικές Εκπομπές:				3403,287152

Εικόνα 5.8 - Αποτελέσματα υπολογισμού των εκπομπών λόγω τη χρήσης του Λεωφορείου 242, του πούλμαν του ΕΜΠ και οχημάτων Ι.Χ. από τους εργαζόμενους και τους φοιτητές της Πολυτεχνειούπολης, από το εργαλείο MyCarbonFtprint

Όπως αναφέραμε, οι εκπομπές που προκύπτουν από τις καύσεις των εργαστηρίων θα είναι:

5% × Εκπομπές Θερμικής Ενέργειας

Επομένως, το αποτύπωμα άνθρακα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου όπως προκύπτει από τον υπολογισμό με το εργαλείο MyCarbonFtprint αθροιστικά για κάθε κατηγορία είναι:

Κατηγορία	Εκπομπές CO_2 (τόνοι)	Εκπομπές CH_4 (kg)	Εκπομπές N_2O (kg)
Ηλεκτρική Ενέργεια	15.284	-	-
Θερμική Ενέργεια	1.587,47	141,8	2,8
Καύσεις Εργαστηρίων	79,37	7,1	0,2
Μεταφορές Υπαλλήλων και Φοιτητών	3.403,29	-	-
ΣΥΝΟΛΟ:	**20.354,13**	**148,9**	**3**

Πίνακας 5.4 - Αθροιστικά αποτελέσματα από τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, με τη χρήση του εργαλείου MyCarbonFtprint

5.2.3 Υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα με άλλα προγράμματα

Όλες οι δωρεάν εφαρμογές που διατίθενται στο διαδίκτυο για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα, είτε απευθύνονται σε οικιακούς χρήστες είτε σε μικρές επιχειρήσεις. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η μέτρηση του αποτυπώματος άνθρακα που μας ενδιαφέρει με τα συγκεκριμένα εργαλεία, μιας και τα μεγέθη που μετράμε είναι πολύ μεγάλα και δεν έχουν τη δυνατότητα πραγματοποίησης τόσο μεγάλων υπολογισμών.

Προκειμένου να κάνουμε όμως μία σύγκριση των υπολογισμών μας με άλλες εφαρμογές, θα υπολογίσουμε το αποτύπωμα άνθρακα με τα αρχεία υπολογισμού Excel που παρέχει το Πρωτόκολλο Greenhouse Gas Protocol. Τα αρχεία που θα χρησιμοποιήσουμε έχουν τίτλους:

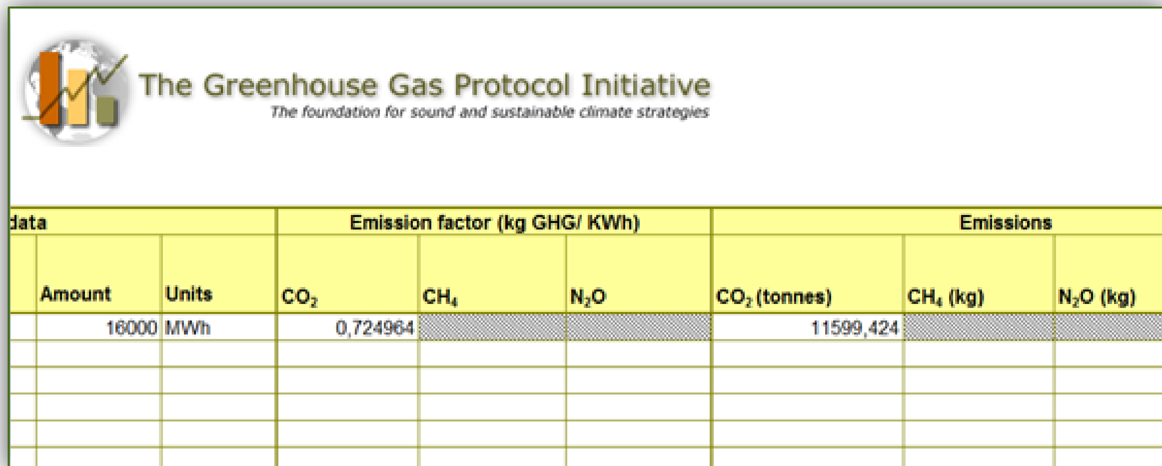
- Tool_2 [Purchased Electricity]
- Tool_7 [Transportation]

και με αυτά θα υπολογίσουμε τις εκπομπές που προκύπτουν από τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και τις μεταφορές των εργαζομένων και των φοιτητών.

Επειδή το Πρωτόκολλο Greenhouse Gas Protocol δεν έχει αρχείο υπολογισμού για τις εκπομπές από κατανάλωση θερμικής ενέργειας, θα χρησιμοποιήσουμε το αρχείο υπολογισμού Excel της μεθοδολογίας Time For Change έχει τίτλο:

- Tool_8 [Time_For_Change_Calculator]

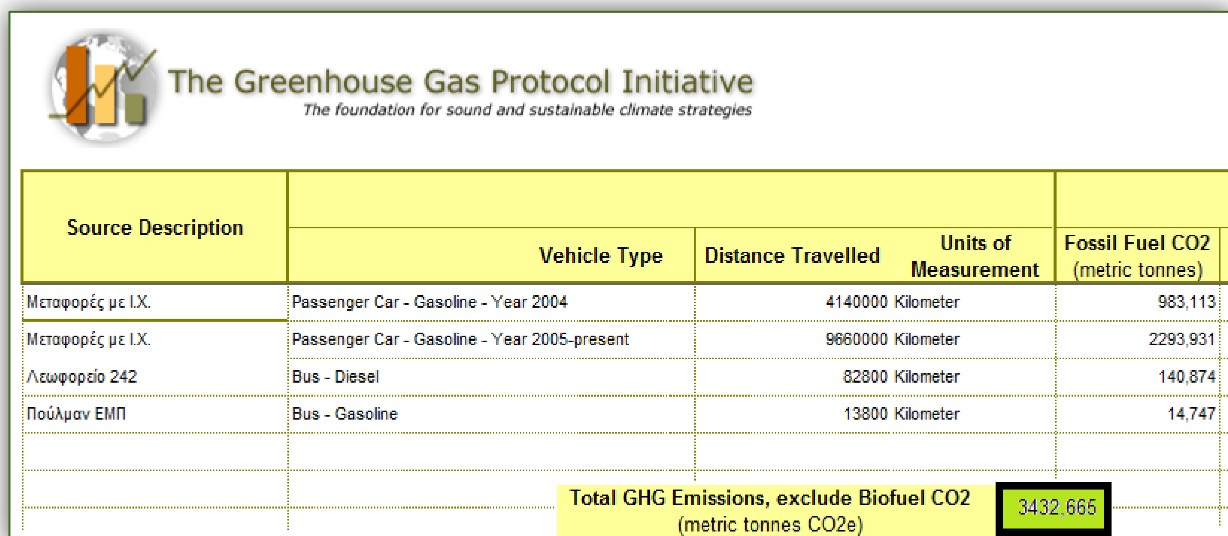
Εισάγοντας λοιπόν τα δεδομένα της ενότητας 5.2.1 στα παραπάνω αρχεία υπολογίζουμε το ζητούμενο αποτύπωμα άνθρακα. Στις εικόνες που ακολουθούν απεικονίζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν.



The Greenhouse Gas Protocol Initiative
The foundation for sound and sustainable climate strategies

data		Emission factor (kg GHG/ KWh)			Emissions		
Amount	Units	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2 (tonnes)	CH_4 (kg)	N_2O (kg)
16000	MWh	0,724964			11599,424		

Εικόνα 5.9 - Αποτέλεσμα υπολογισμού των εκπομπών της Πολυτεχνειούπολης από τη χρήση Ηλεκτρικής Ενέργειας, με το Greenhouse Gas Protocol
[Αρχείο Tool_2 [Purchased Electricity]]



The Greenhouse Gas Protocol Initiative
The foundation for sound and sustainable climate strategies

Source Description	Vehicle Type	Distance Travelled	Units of Measurement	Fossil Fuel CO2 (metric tonnes)
Μεταφορές με Ι.Χ.	Passenger Car - Gasoline - Year 2004	4140000	Kilometer	983,113
Μεταφορές με Ι.Χ.	Passenger Car - Gasoline - Year 2005-present	9660000	Kilometer	2293,931
Λεωφορείο 242	Bus - Diesel	82800	Kilometer	140,874
Πούλμαν ΕΜΠ	Bus - Gasoline	13800	Kilometer	14,747
		Total GHG Emissions, exclude Biofuel CO2 (metric tonnes CO2e)		3432,665

Εικόνα 5.10 - Αποτελέσματα υπολογισμού των εκπομπών λόγω τη χρήσης του Λεωφορείου 242, του πούλμαν του ΕΜΠ και οχημάτων Ι.Χ. από τους εργαζόμενους και τους φοιτητές της Πολυτεχνειούπολης, από το με το Greenhouse Gas Protocol
[Αρχείο Tool_7 [Transportation]]

Carbon footprint calculator and energy calculator						
http://timeforchange.org						
Quantity	**Unit**	**Conversion factor into SI-unit**	**SI-Unit**	**Quantity in SI-Unit**	**Conversion factor for kg CO2**	**tones CO2 produced**
Heating with natural gas						
Enter a quantity for the appropriate Unit:						
	cubic metres	10	kWh	0	0,19	**0**
	100 cubic feets	28,32	kWh	0	0,19	**0**
8100000	kWh	1	kWh	8.100.000	0,19	**1539**

Εικόνα 5.11 - Αποτέλεσμα υπολογισμού των εκπομπών της Πολυτεχνειούπολης από τη χρήση Φυσικού Αερίου ως καύσιμο Θερμικής Ενέργειας, από το εργαλείο Time For Change [Αρχείο Tool_8 [Time_For_Change_Calculator]]

Επομένως, το αποτύπωμα άνθρακα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου αθροιστικά για κάθε κατηγορία είναι:

Κατηγορία	Εκπομπές CO_2 (τόνοι)
Ηλεκτρική Ενέργεια	11.599,42
Θερμική Ενέργεια	1.539
Καύσεις Εργαστηρίων	76,95
Μεταφορές Υπαλλήλων και Φοιτητών	3.432,66
ΣΥΝΟΛΟ:	**16.648,03**

Πίνακας 5.5 - Αθροιστικά αποτελέσματα από τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, με τη χρήση των εργαλείων MyCarbonFtprint

5.2.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των Πινάκων 5.4 και 5.5, παρατηρούμε ότι σε κάποιες κατηγορίες εκπομπών τα προγράμματα βρίσκουν παρεμφερή αποτελέσματα ενώ σε κάποιες άλλες παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις. Συγκεκριμένα παρατηρούμε ότι:

→ Οι εφαρμογές Greenhouse Gas Protocol και Time For Change υπολογίζουν εκπομπές μόνο για το CO_2, ενώ το MyCarbonFtprint υπολογίζει και τις εκπομπές σε CH_4 και N_2O.

→ Στην κατηγορία που υπολογίζει τις εκπομπές που προκύπτουν από την κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας, υπάρχει μεγάλη διαφορά ανάμεσα στο αποτέλεσμα του MyCarbonFtprint και αυτό του Greenhouse Gas Protocol. Η διαφορά αυτή οφείλεται στους διαφορετικούς Συντελεστές Εκπομπής που χρησιμοποιεί το κάθε πρόγραμμα. Συγκεκριμένα, το MyCarbonFtprint χρησιμοποιεί τον Σ.Ε. που προτείνει ο ΚΕΝΑΚ, ενώ το Greenhouse Gas Protocol χρησιμοποιεί αυτόν που προτείνει η IEA. Ο συντελεστής που προτείνει ο ΚΕΝΑΚ είναι σημαντικά μεγαλύτερος και έτσι τα αποτελέσματα που βρίσκει το MyCarbonFtprint είναι πολύ μεγαλύτερα. Όμως είναι σαφώς πιο ακριβή από αυτά των άλλων προγραμμάτων γιατί είναι προσαρμοσμένα στα ελληνικά δεδομένα.

→ Επίσης, οι εκπομπές που υπολογίζονται λόγω της κατανάλωσης Φυσικού Αερίου για την παραγωγή Θερμικής Ενέργειας έχουν μικρή διαφορά ανάμεσα στα δύο προγράμματα. Η διαφορά αυτή και εδώ οφείλεται στον Σ.Ε. που προτείνει ο ΚΕΝΑΚ και σε αυτόν που προτείνει η IPCC, που υιοθετούνται από το MyCarbonFtprint και το Time For Change αντίστοιχα.

Παρατηρούμε επομένως ότι το MyCarbonFtprint είναι το πληρέστερο εργαλείο, γιατί είναι προσαρμοσμένο ελληνικά δεδομένα και υπολογίζει το αποτύπωμα άνθρακα για όλα τα αέρια του θερμοκηπίου.

Κεφάλαιο 6

Σχόλια - Συμπεράσματα

Τα τελευταία χρόνια γίνονται ολοένα και πιο αισθητές οι αλλαγές στο κλίμα, με σημαντικές επιπτώσεις στη ζωή των ανθρώπων. Οι αλλαγές αυτές οφείλονται κατά ένα μεγάλο ποσοστό στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο έχει επηρεαστεί ιδιαίτερα από την αυξημένη βιομηχανική δραστηριότητα των ανθρώπων. Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μία εκτενής αναφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, τα αίτια που το προκαλούν και τους μηχανισμούς που έχουν αναπτυχθεί σε παγκόσμια κλίμακα για την αντιμετώπιση του φαινομένου.

Πρωταρχικός όμως σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάλυση του αποτυπώματος άνθρακα και η δημιουργία ενός εργαλείου υπολογισμού του. Συγκεκριμένα, αφού ορίστηκε το αποτύπωμα άνθρακα, συγκεντρώθηκαν οι διεθνείς μεθοδολογίες υπολογισμού και καταγράφηκαν έπειτα από αξιολόγηση οι εγκυρότερες από αυτές. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε ένα πρόγραμμα υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα με τίτλο MyCarbonFtprint και χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη δύο περιπτώσεων. Δημιουργήθηκε επίσης για τους χρήστες που δεν είναι εξοικειωμένοι με τέτοιου είδους εφαρμογές ένα εγχειρίδιο χρήσης, που καθιστά ακόμα ευκολότερη τη χρήση του προγράμματος.

Το εργαλείο υπολογισμού που αναπτύχθηκε είναι ένα πλήρες εργαλείο, που χρησιμοποιεί διεθνώς έγκυρους συντελεστές. Είναι ιδιαίτερα εύκολο στη χρήση, δίνει ακριβή αποτελέσματα και απευθύνεται σε μεγάλο εύρος χρηστών. Στη μελέτη των δύο περιπτώσεων έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από το MyCarbonFtprint με τα αποτελέσματα άλλων προγραμμάτων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν για ορισμένες κατηγορίες εκπομπών διαφορετικά. Σε κάποιες από αυτές οι αποκλίσεις των αποτελεσμάτων ήταν μικρές ενώ σε κάποιες άλλες ήταν ιδιαίτερα σημαντικές.

Οι διαφορές που προέκυψαν οφείλονται κατά κύριο λόγο στο ότι το MyCarbonFtprint είναι προσαρμοσμένο στα ελληνικά δεδομένα. Συγκεκριμένα, οι Συντελεστές Εκπομπής που χρησιμοποιεί το MyCarbonFtprint για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου και πετρελαίου θέρμανσης είναι αυτοί που προτείνονται από τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ). Οι Συντελεστές Εκπομπής που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ είναι σημαντικά μεγαλύτεροι από αυτούς που προτείνουν οι διεθνείς οργανισμοί για την Ελλάδα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το MyCarbonFtprint να υπολογίζει μεγαλύτερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) από τα υπόλοιπα προγράμματα για την κατανάλωση των παραπάνω, παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιούν την ίδια μεθοδολογία υπολογισμού. Έτσι όμως τα αποτελέσματα που βρίσκει το MyCarbonFtprint είναι σαφώς εγκυρότερα και ακριβέστερα από τα υπόλοιπα, αφού είναι προσαρμοσμένα στα ελληνικά δεδομένα.

Παρατηρήθηκε επίσης ότι τα άλλα προγράμματα υπολογισμού δεν υπολογίζουν τις εκπομπές μεθανίου και νιτρώδους οξειδίου, τα οποία θεωρούνται βασικά αέρια του θερμοκηπίου και επιβαρύνουν ιδιαίτερα το περιβάλλον. Το γεγονός αυτό καθιστά το MyCarbonFtprint πληρέστερο από τα άλλα προγράμματα που διατίθενται, αφού υπολογίζει αναλυτικά τις εκπομπές από τα εν λόγω αέρια.

Επιπλέον διαπιστώθηκε ότι το MyCarbonFtprint παρέχει στους χρήστες πολλά πεδία εισαγωγής δεδομένων και καλύπτει όλα τα ενδεχόμενα που μπορεί να προκύψουν σε κάθε κατηγορία προκειμένου να υπολογίσουν με όσο το δυνατόν περισσότερη ακρίβεια τις εκπομπές που προέκυψαν. Επίσης, σε σύγκριση με άλλα εργαλεία υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα δεν υπάρχει περιορισμός στα μεγέθη των δεδομένων εισαγωγής. Έτσι καθίσταται κατάλληλο ακόμα και για μεγάλες εγκαταστάσεις, όπως της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου που μελετήθηκε.

Από την άλλη πλευρά όμως, το αποτύπωμα άνθρακα είναι ένα ακόμα σχετικά νέο αντικείμενο μελέτης, και δεν έχουν γίνει σε παγκόσμια κλίμακα οι απαραίτητες μετρήσεις που θα καθορίσουν συγκεκριμένους Συντελεστές Εκπομπής σε κάθε χώρα για όλες τις κατηγορίες εκπομπών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται γενικευμένοι συντελεστές και εν τέλει σε κάποιες κατηγορίες τα αποτελέσματα να μην ανταποκρίνονται πλήρως στην πραγματικότητα. Είναι σαφές λοιπόν ότι η παρούσα εργασία αφήνει περιθώρια για μελλοντική βελτίωση του τρόπου υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα, όταν θα υπάρχουν ακριβέστερες πληροφορίες σε παγκόσμια κλίμακα.

Κεφάλαιο 7
Βιβλιογραφία

CHP in the Hotel and Casino Market Sectors prepared by Energy and Environmental Analysis, Inc. for U.S. EPA, CHP Partnership

Επίσης, ως βασική πηγή πληροφόρησης χρησιμοποιήθηκε το Διαδίκτυο. Οι ιστοσελίδες που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

http://www.globalwarming.org
http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php
https://www.ipcc-wg1.unibe.ch/publications/wg1-ar4/wg1-ar4.html
http://scholar.google.gr/
http://www.physics4u.gr/faq/greenhouse.html
http://climatechangegr.wordpress.com/
http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7h.html
http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect16/Sect16_2.html
http://www.unep.org/climatechange/
http://www.usgs.gov/
http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/
http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/wg1/134.htm#tab42
http://www.ghgprotocol.org/about-ghgp
http://www.ipcc.ch/
http://www.epa.gov/climateleaders/
http://lca.jrc.ec.europa.eu/Carbon_footprint.pdf
http://www.wri.org/
http://www.athensgreen360.com/node/89
http://www.carbonfootprint.com/carbonfootprint.html
http://lca.jrc.ec.europa.eu/Carbon_footprint.pdf
http://timeforchange.org/what-is-a-carbon-footprint-definition
http://www.igora.ch/en/index/medien/medienmedien/med-pressekit.htm
http://library.tee.gr/digital/m2147/m2147_tzimopoulos.pdf
http://www.atem-oe.gr/alouminio-plirofories/texnologies-alouminiou/paragogi-protoxitou-deuteroxitoy-alouminiou.html
http://www.world-aluminium.org/Home
http://www.lime-association.gr/lime.html
http://www.ncasi.org/
http://www.paperenvironment.org/
http://tenerife-training.net/Tenerife-News-Cycling-Blog/2008/03/science/how-much-carbon-dioxide-is-produced-by-driving-a-car-on-one-tank-of-petrol/

http://www.ellipson.com/download.html
http://www.defra.gov.uk/
http://www.carbontrust.co.uk/Pages/Default.aspx
http://www.carbonfootprintofnations.com/index.php
http://www.carboncompass.com.au/external-solution?nid=278
http://www.eoearth.org/article/Carbon_footprint
http://www.vegiecarbontool.com.au/uploads/Discussion%20Paper%201_What%20is%20a%20carbon%20footprint.pdf
http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/
http://www.carbonzero.co.nz/index.asp
http://www.igd.com/index.asp?id=1&fid=1&sid=17&tid=0&folid=0&cid=188
http://www.ehso.com/Air_AP_42.htm
http://www.env.gov.bc.ca/cas/mitigation/ghg_inventory/index.html
http://www.terrapass.com/event-carbon-calculator/
http://www.energycap.com/products/energycap-professional/greenhouse-gas-emission-factors
http://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_refoth_dcu_nus_a.htm
http://www.carbonfund.org/business/calculator#Office
http://www.carbonfootprint.com/calculator1.html
http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php
http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=304
http://www.ekpaa.greekregistry.eu/
http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/l28060_el.htm
http://www.econews.gr/tag/%CE%B5%CE%BC%CF%80%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%BF-%CF%81%CF%85%CF%80%CF%89%CE%BD/
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002D0358:EL:NOT
http://www.eea.europa.eu/publications/european-community-greenhouse-gas-inventory-2009
http://www.cdmgoldstandard.org/
http://www.energypress.gr/portal/resource/contentObject/id/bda76c9d-c380-4ba1-98b8-581562a4ece9
http://www.naftemporiki.gr/news/cstory.asp?id=1994140
http://www.iso.org/iso/home.html

Συντομογραφίες
και
Μετατροπές Μονάδων

(A) Συντομογραφίες

Οι συντομογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- CDM : Clean Development Mechanism (Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης)
- CERs : Certified Emission Reduction (Επικυρωμένες Μονάδες Μείωσης Εκπομπών)
- EPA : US Environmental Protection Agency (Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των Η.Π.Α.)
- DEFRA : UK Department for Environment, Food and Rural Affairs (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Τροφίμων και Αγροτικών Υποθέσεων του Ηνωμένου Βασιλείου)
- IEA : International Energy Agency (Διεθνής Υπηρεσία Ενέργειας)
- ERU : Emission Reduction Unit (Μονάδες Μείωσης Εκπομπών)
- GHGP : Greenhouse Gas Protocol
- GWP : Global Warming Potential (Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη)
- JI : Joint Implementation (Μηχανισμός Κοινής Εφαρμογής)
- AC ή A/C : Air Condition (Κλιματισμός)
- Ε.Ε. : Ευρωπαϊκή Ένωση
- ΕΣΚΔΕ : Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών
- Η.Π.Α. : Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
- Ι.Χ. : Όχημα Ιδιωτικής Χρήσης
- IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change (Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή)
- Σ.Ε.: Συντελεστής Εκπομπής
- Χ.Υ.Τ.Α. :Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων
- ΚΕΝΑΚ : Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίων

(B) Μετατροπές Μονάδων

Οι μετατροπές που έγιναν στο εργαλείο MyCarbonFtprint είναι:

1MMBtu	=	293,071 kWh
1 kWh	=	3,6 MJoule
1 Pound	=	0.45359237 kg
1 Gallon	=	3.78541178 L

Παράρτημα

Το εγχειρίδιο χρήσης του Προγράμματος MyCarbonFtprint είναι:

Φύλλο Εργασίας: 1*. Σταθ. Καύσεις*

Στο Φύλλο αυτό ο χρήστης υπολογίζει τις εκπομπές του CO_2 που προκύπτουν έπειτα από μία καύση.

1.α Σταθεροποιημένες Καύσεις (Απευθείας Μέτρηση Εκπομπών)

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Κατάσταση Καυσαερίων**, πάτημα στο και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα της κατάστασης στην οποία βρίσκονται τα καυσαέρια (υγρή ή αέρια).

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Μέση Περιεκτικότητα σε υγρασία**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας των καυσαερίων σε υγρασία (ποσοστό επί τοις εκατό).

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ογκομετρικός ρυθμός καυσαερίων**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του ρυθμού των καυσαερίων, εκφρασμένο σε m^3/h.

4ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Απόλυτη πίεση καυσαερίων**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της απόλυτης πίεσης στην οποία βρίσκονται τα καυσαέρια, εκφρασμένη σε bar.

5ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Θερμοκρασία Καυσαερίων**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της θερμοκρασίας που έχουν τα καυσαέρια, σε ^oC.

6ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Όγκος Καυσαερίου / Μικτή Θερμιδική Αξία καυσίμου**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του ζητούμενου λόγου, σε m^3/kg.

7ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Όγκος CO_2 / Μικτή Θερμιδική Αξία καυσίμου**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του ζητούμενου λόγου, σε m^3/kg.

8ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Μέση συγκέντρωση O_2 στο καυσαέριο**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ζητούμενης συγκέντρωσης στο καυσαέριο (ποσοστό επί τοις εκατό).

Μετά την ολοκλήρωση του 8ου Βήματος εμφανίζεται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 που προέκυψαν από την καύση σε τόνους ανά ώρα (t/h).

1.β Σταθεροποιημένες Καύσεις (Υπολογισμός με Αντιπροσωπευτικά Δεδομένα)

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Κατηγορία Καυσίμου**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα της κατηγορίας του καυσίμου που χρησιμοποιήθηκε για την καύση.

Μετά την Ολοκλήρωση του 1ου Βήματος, συμπληρώνεται αυτόματα η Στήλη με τίτλο **Συντελεστής Οξείδωσης** με την τιμή που αντιστοιχεί στην κατηγορία καυσίμου που επιλέχθηκε.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Τύπος Καυσίμου**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του τύπου καυσίμου που χρησιμοποιήθηκε.

Μετά την Ολοκλήρωση του 2ου Βήματος, συμπληρώνεται αυτόματα η Στήλη με τίτλο **Θερμιδική Αξία Καυσίμου** με την τιμή που αντιστοιχεί στον τύπο καυσίμου που επιλέχθηκε.

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ποσότητα καιόμενου καυσίμου**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του καυσίμου που καταναλώθηκε.

4ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Μονάδα Μέτρησης Ποσότητας**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα της μονάδας στην οποία είναι εκφρασμένη η ποσότητα του καυσίμου που καταναλώθηκε.

Μετά την Ολοκλήρωση του 4ου Βήματος, συμπληρώνεται αυτόματα η Στήλη με τίτλο **Μονάδες Περιεκτικότητας** με τις μονάδες στις οποίες θα πρέπει να είναι εκφρασμένη η περιεκτικότητα που θα συμπληρωθεί στο 5ο Βήμα.

5ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα καυσίμου σε άνθρακα**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ζητούμενης περιεκτικότητας, εκφρασμένη στη μονάδα μέτρησης που καθορίζει η Στήλη με τίτλο Μονάδες Περιεκτικότητας.

Μετά την ολοκλήρωση του 5ου Βήματος εμφανίζονται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 (σε τόνους) και στις Στήλες **Συνολικές Εκπομπές CH_4** και **Συνολικές Εκπομπές N_2O** οι εκπομπές του CH_4 και του N_2O (σε κιλά) που προέκυψαν από τη σταθεροποιημένη καύση.

Φύλλο Εργασίας: *2. Ηλεκτρισμός_Θέρμανση*
Εδώ όπως αναφέραμε ο χρήστης υπολογίζει τις εκπομπές του CO_2 που προκύπτουν από την κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας και Θέρμανσης.

2.1 Ηλεκτρισμός
Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Χώρα**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα της χώρας που βρίσκεται η εγκατάσταση.
Στη διπλανή Στήλη (με τίτλο **Συντελεστής Εκπομπής**) εμφανίζεται αυτόματα ο Σ.Ε. ανάλογα με τη χώρα που επιλέχθηκε.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Κατανάλωση**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας Ηλεκτρικής Ενέργειας που καταναλώθηκε.

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Μονάδα Μέτρησης**, πάτημα στο ▾ και επιλογή της Μονάδα Μέτρησης που μετρήθηκε η ποσότητα, δηλαδή σε kWh ή MWh.

Μετά την ολοκλήρωση του 3ου Βήματος εμφανίζονται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 που προέκυψαν από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

2.2 Θέρμανση
Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Καύσιμο**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του καυσίμου που χρησιμοποιήθηκε.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Κατανάλωση**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας καυσίμου που καταναλώθηκε.
Στη Στήλη με τίτλο **Μονάδα Μέτρησης** εμφανίζεται αυτόματα μετά την ολοκλήρωση του 1ου Βήματος, η μονάδα μέτρησης στην οποία θα πρέπει να είναι εκφρασμένη η ποσότητα του καυσίμου που καταναλώθηκε.

Μετά την ολοκλήρωση του 2ου Βήματος εμφανίζονται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 (σε τόνους) και στις Στήλες **Συνολικές Εκπομπές CH_4** και **Συνολικές Εκπομπές N_2O** οι εκπομπές του CH_4 και του N_2O (σε κιλά) που προέκυψαν από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

2.3 Φυσικό Αέριο

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Χώρα**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα της χώρας που βρίσκεται η εγκατάσταση.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Κατανάλωση**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας Φυσικού Αερίου που καταναλώθηκε, εκφρασμένη σε kWh.

Μετά την ολοκλήρωση του 2ου Βήματος εμφανίζονται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 (σε τόνους) και στις Στήλες **Συνολικές Εκπομπές CH_4** και **Συνολικές Εκπομπές N_2O** οι εκπομπές του CH_4 και του N_2O (σε κιλά) που προέκυψαν από την κατανάλωση φυσικού αερίου.

Φύλλο Εργασίας: 3. *Ψύξη_AC*
Σε αυτό το Φύλλο ο χρήστης υπολογίζει τις εκπομπές του CO_2 που προκύπτουν από τη χρήση ψυκτικού σε εξοπλισμούς ψύξης και κλιματισμού.

3.1 Εκπομπές Εγκατάστασης, Λειτουργίας και Διάθεσης
Για τις εκπομπές που προκύπτουν όταν ένας εξοπλισμός ψύξης ή κλιματισμού εγκαθίσταται, συναρμολογείται, λειτουργεί ή βρίσκεται σε διάθεση είναι:

3.1.α Ψύξη & Κλιματισμός (Εγκατάσταση / Συναρμολόγηση)
Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1^{o} Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Τύπος Εξοπλισμού**, πάτημα στο και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του τύπου εξοπλισμού που εγκαταστάθηκε / συναρμολογήθηκε.

2^{o} Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Μονάδες Εξοπλισμού**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του πλήθους των εξοπλισμών που διατίθενται από κάθε είδος.

3^{o} Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Τύπος Ψυκτικού**, πάτημα στο και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του ψυκτικού που χρησιμοποιήθηκε.
Μετά την Ολοκλήρωση του 3^{ου} Βήματος, συμπληρώνεται αυτόματα η Στήλη με τίτλο **GWP Ψυκτικού** με το GWP του εκάστοτε επιλεγμένου ψυκτικού.

4^{o} Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ψυκτικό Φορτίο**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του ψυκτικού που χρησιμοποιήθηκε κατά την εγκατάσταση / συναρμολόγηση του εξοπλισμού, εκφρασμένη σε kg.

5^{o} Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ετήσια Διαρροή**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ετήσιας διαρροής του εξοπλισμού (ποσοστό επί τοις εκατό).

Μετά την ολοκλήρωση του 5^{ου} Βήματος εμφανίζονται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 (σε τόνους) που προέκυψαν από την εγκατάσταση ή τη συναρμολόγηση εξοπλισμού ψύξης ή κλιματισμού.

3.1.β Ψύξη & Κλιματισμός (Λειτουργία)

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι ίδια με το **3.1.α Ψύξη & Κλιματισμός (Εγκατάσταση / Συναρμολόγηση)**. Τα μεγέθη όμως που θα εισαχθούν εδώ αφορούν τη λειτουργία του εξοπλισμού.

3.1.γ Ψύξη & Κλιματισμός (Διάθεση)

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Τύπος Εξοπλισμού**, πάτημα στο και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του τύπου εξοπλισμού που τίθεται σε διάθεση.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Μονάδες Εξοπλισμού**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του πλήθους των εξοπλισμών στα οποία αναφερόμαστε.

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Τύπος Ψυκτικού**, πάτημα στο και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του ψυκτικού που χρησιμοποιήθηκε.

Μετά την Ολοκλήρωση του 3ου Βήματος, συμπληρώνεται αυτόματα η Στήλη με τίτλο **GWP Ψυκτικού** με το GWP του εκάστοτε επιλεγμένου ψυκτικού.

4ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ψυκτικό Φορτίο**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του ψυκτικού που υπάρχει κατά τη διάθεση του εξοπλισμού, εκφρασμένη σε kg.

5ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ετήσια Διαρροή**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ετήσιας διαρροής του εξοπλισμού (ποσοστό επί τοις εκατό).

6ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Χρόνος από το τελευταίο γέμισμα**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του διαστήματος που έχει περάσει από την τελευταία φορά που το δοχείο του ψυκτικού γεμίστηκε, εκφρασμένο σε χρόνια.

7ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ανακυκλωμένο γέμισμα**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του ψυκτικού που έχει ανακυκλωθεί (ποσοστό επί τοις εκατό).

8ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ψυκτικό που έχει καταστραφεί**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του ψυκτικού που έχει καταστραφεί μέχρι ο εξοπλισμός να τεθεί σε διάθεση.

Μετά την ολοκλήρωση του 8ου Βήματος εμφανίζονται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 (σε τόνους) που προέκυψαν από τη διάθεση εξοπλισμού ψύξης ή κλιματισμού.

3.2 Προσέγγιση Εκπομπών με βάση τις Πωλήσεις

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Τύπος Εξοπλισμού**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του τύπου εξοπλισμού.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Τύπος Ψυκτικού**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του ψυκτικού που χρησιμοποιήθηκε.

Μετά την Ολοκλήρωση του 2ου Βήματος, συμπληρώνεται αυτόματα η Στήλη με τίτλο **GWP Ψυκτικού** με το GWP του εκάστοτε επιλεγμένου ψυκτικού.

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Αρχική Ποσότητα Ψυκτικού**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του ψυκτικού που υπάρχει στο δοχείο στην αρχή του έτους, εκφρασμένη σε kg.

4ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Τελική Ποσότητα Ψυκτικού**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του ψυκτικού που υπάρχει στο δοχείο στο τέλος του έτους, εκφρασμένη σε kg.

5ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ψυκτικό που αποκτήθηκε**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του ψυκτικού που αποκτήθηκε (αγοράστηκε) κατά τη διάρκεια του έτους, εκφρασμένη σε kg.

6ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ψυκτικό που πουλήθηκε**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του ψυκτικού που πουλήθηκε κατά τη διάρκεια του έτους, εκφρασμένη σε kg.

Μετά την ολοκλήρωση του 6ου Βήματος εμφανίζονται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 (σε τόνους) που προέκυψαν λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ετήσιες πωλήσεις του ψυκτικού που χρησιμοποιήθηκε.

3.3 Προσέγγιση Εκπομπών με βάση τον Κύκλο Ζωής

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Τύπος Εξοπλισμού**, πάτημα στο και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του τύπου εξοπλισμού.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Τύπος Ψυκτικού**, πάτημα στο και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του ψυκτικού που χρησιμοποιήθηκε.

Μετά την Ολοκλήρωση του 2ου Βήματος, συμπληρώνεται αυτόματα η Στήλη με τίτλο **GWP Ψυκτικού** με το GWP του εκάστοτε επιλεγμένου ψυκτικού.

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ψυκτικό Γεμίσματος**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του ψυκτικού που χρησιμοποιήθηκε για το γέμισμα του δοχείου, εκφρασμένη σε kg.

4ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ψυκτικό Επισκευής**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του ψυκτικού που καταναλώθηκε κατά την επισκευή του εξοπλισμού, εκφρασμένη σε kg.

5ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Εκπομπές Διάθεσης**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) των εκπομπών διάθεσης, εκφρασμένων σε kg. Οι εκπομπές διάθεσης προκύπτουν από την αφαίρεση: (Συνολικό Πλήρες Φορτίο Αποσυρόμενου Εξοπλισμού) - (Ψυκτικό που ανακτάται κατά την απόσυρση).

Μετά την ολοκλήρωση του 5ου Βήματος εμφανίζονται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 (σε τόνους) που προέκυψαν λαμβάνοντας υπ' όψιν τον κύκλο ζωής του ψυκτικού εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε.

Φύλλο Εργασίας: 4. *Μεταφορές*

Εδώ ο χρήστης υπολογίζει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται από μεταφορά με όχημα ή μέσα μαζικής μεταφοράς.

4.1 Οχήματα

Για τις εκπομπές με Όχημα Ιδιωτικής Χρήσης έχουμε:

4.1.α Όχημα (Γνωστή Απόσταση)

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Χώρα**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα της χώρας που έγινε η μεταφορά.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Όχημα - Καύσιμο - Έτος Κατασκευής Οχήματος**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του οχήματος Ι.Χ. που χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με τις επιπλέον λεπτομέρειες που αναφέρονται.

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Αριθμός Οχημάτων**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του πλήθους των οχημάτων για τα οποία γίνεται η μέτρηση.

4ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Απόσταση που πραγματοποιήθηκε**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της απόστασης που πραγματοποιήθηκε εκφρασμένη σε Km.

Μετά την ολοκλήρωση του 4ου Βήματος εμφανίζονται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 (σε τόνους) που προέκυψαν από την χρήση οχήματος Ι.Χ..

4.1.β Όχημα (Γνωστή Κατανάλωση Καυσίμου)

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Χώρα**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα της χώρας που έγινε η μεταφορά.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Όχημα - Καύσιμο - Έτος Κατασκευής Οχήματος**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του οχήματος Ι.Χ. που χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με τις επιπλέον λεπτομέρειες που αναφέρονται.

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ποσότητα καυσίμου που καταναλώθηκε**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του καταναλώθηκε.

4ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Μονάδα Μέτρησης Καυσίμου**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα της μονάδας μέτρησης στην οποία είναι υπολογισμένη η ποσότητα του καυσίμου.

Μετά την ολοκλήρωση του 4ου Βήματος εμφανίζονται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 (σε τόνους) που προέκυψαν.

4.1.γ Εκπομπές CH_4 και N_2O (Για Όχημα στις Η.Π.Α. και Γνωστή Απόσταση)

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Όχημα - Καύσιμο - Έτος Κατασκευής Οχήματος**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του οχήματος Ι.Χ. που χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με τις επιπλέον λεπτομέρειες που αναφέρονται.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Απόσταση που πραγματοποιήθηκε**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της απόστασης που πραγματοποιήθηκε.

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Μονάδα Μέτρησης Απόστασης**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα της μονάδας μέτρησης στην οποία είναι υπολογισμένη η απόσταση που πραγματοποιήθηκε.

Μετά την ολοκλήρωση του 3ου Βήματος εμφανίζονται αυτόματα στις Στήλες **Συνολικές Εκπομπές CH_4** και **Συνολικές Εκπομπές N_2O** οι εκπομπές του CH_4 και του N_2O (σε κιλά) που προέκυψαν από τη μεταφορά.

4.2 Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (Για Γνωστή Απόσταση)

Για τις εκπομπές από μεταφορά με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς έχουμε:

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Χώρα**, πάτημα στο και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα της χώρας που πραγματοποιήθηκε το γεγονός.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Όχημα - Τύπος Μεταφοράς**, πάτημα στο και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του Μέσου Μαζικής Μεταφοράς που χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με τις επιπλέον λεπτομέρειες που αναφέρονται.

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Αριθμός Επιβατών**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του πλήθους των επιβατών που χρησιμοποίησαν το κάθε μέσο.

4ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Απόσταση που πραγματοποιήθηκε**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της απόστασης που πραγματοποίησε το κάθε μέσο, εκφρασμένη σε Km.

Μετά την ολοκλήρωση του 4ου Βήματος εμφανίζονται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 (σε τόνους) και στις Στήλες **Συνολικές Εκπομπές CH_4** και **Συνολικές Εκπομπές N_2O** οι εκπομπές του CH_4 και του N_2O (σε κιλά) που προέκυψαν από την μετακίνηση με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς.

Φύλλο Εργασίας: *5. Γεγονότα_Εκδηλώσεις*

Εδώ ο χρήστης υπολογίζει τις εκπομπές CO_2, CH_4 και N_2O που εκπέμπονται από μία εκδήλωση ή ένα γεγονός.

5.α Μετακίνηση με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι ίδια με το **4.2 Μέσα Μαζικής Μεταφοράς**

Προσοχή!! Στη Στήλη με τίτλο **Απόσταση που πραγματοποιήθηκε**, η Απόσταση που θα εισάγει ο χρήστης εδώ είναι για μία διαδρομή (one-way).

5.β Μετακίνηση με Αυτοκίνητο

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1^{ο} Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Χώρα**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα της χώρας πραγματοποιήθηκε το γεγονός.

2^{ο} Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Όχημα - Τύπος Μεταφοράς**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του τύπου του οχήματος που χρησιμοποιήθηκε.

3^{ο} Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Πλήθος Αυτοκινήτων**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του πλήθους των αυτοκινήτων που χρησιμοποιήθηκαν.

4^{ο} Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Απόσταση που πραγματοποιήθηκε**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της απόστασης που πραγματοποιήθηκε σε κάθε περίπτωση, εκφρασμένη σε Km.

Μετά την ολοκλήρωση του 4^{ου} Βήματος εμφανίζονται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 (σε τόνους) που προέκυψαν από την μετακίνηση των συμμετεχόντων με αυτοκίνητο.

5.γ Διαμονή σε Ξενοδοχείο

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Τύπος Ξενοδοχείου**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη διαθέσιμη Λίστα του τύπου του καταλύματος που έμειναν οι συμμετέχοντες.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Πλήθος Δωματίων**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του πλήθους των δωματίων που χρησιμοποιήθηκαν.

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Βραδιές Διαμονής**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του πλήθους των διανυκτερεύσεων.

Μετά την ολοκλήρωση του 3ου Βήματος εμφανίζονται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 (σε τόνους) που προέκυψαν από την διαμονή των συμμετεχόντων σε ξενοδοχείο.

5.δ Κατανάλωση Ρεύματος

Ο υπολογισμός στο πεδίο αυτό είναι ίδιος με το **2.1 Ηλεκτρισμός**.

5.ε Επιπλέον Εκπομπές

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

Για τα <u>γεύματα</u>:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Αριθμός Συμμετεχόντων**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του αριθμού των συμμετεχόντων που παρευρέθηκαν σε γεύμα.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Αριθμός Γευμάτων**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του πλήθους των γευμάτων που πραγματοποιήθηκαν.

Για τις <u>ατομικές εκπομπές</u>:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Αριθμός Συμμετεχόντων**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του αριθμού των ατόμων που έλαβαν μέρος στο γεγονός.

Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω βημάτων εμφανίζονται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 (σε τόνους) που υπολογίζονται ως επιπρόσθετες.

Φύλλο Εργασίας: *6. Αλουμίνιο*

Στο Φύλλο αυτό ο χρήστης υπολογίζει τις εκπομπές του CO_2 που προκύπτουν από τις διαδικασίες παραγωγής αλουμινίου.

6.1 Χωνευτήρια Μέθοδος

Για τη Χωνευτήρια Μέθοδο έχουμε:

6.1.α Κατανάλωση Ανοδίου

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Βαθμίδα Υπολογισμού**, πάτημα στο ▾ και επιλογή από τη Λίστα της Βαθμίδας υπολογισμού, με βάση την οποία γίνεται η μέτρηση των εκπομπών.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Συνολική Παραγωγή Αλουμινίου**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της συνολικής ετήσιας ποσότητας του αλουμινίου που παράχθηκε, εκφρασμένη σε t αλουμ. / έτος.

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Συνολική Κατανάλωση Ανοδίου**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του ανοδίου που καταναλώθηκε συνολικά, εκφρασμένη σε t ανοδίου / t αλουμινίου.

Μόνο για τη Βαθμίδα 3:

4ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα Θείου στα Ανόδια**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας των ανοδίων σε θείο (ποσοστό επί τοις εκατό).

5ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα Τέφρας στα Ανόδια**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας των ανοδίων σε τέφρα (ποσοστό επί τοις εκατό).

Μετά την ολοκλήρωση του 3ου Βήματος (ή του 5ου Βήματος για την Βαθμίδα 3) εμφανίζεται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 που προέκυψαν από την κατανάλωση ανοδίου σε τόνους ανά έτος (t/έτος).

6.1.β Καύση Πτητικής Πίσσας

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Βάρος Πράσινων Ανοδίων**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του βάρους των πράσινων ανοδίων που χρησιμοποιήθηκαν, εκφρασμένο σε τόνους (t).

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Βάρος Καμένων Ανοδίων**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) του βάρους των ανοδίων που κάηκαν, εκφρασμένο σε τόνους (t).

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Παραγωγή Καμένων Ανοδίων**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ετήσιας ποσότητας των ανοδίων που κάηκαν, εκφρασμένη σε t καμένου ανοδίου / έτος.

4ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα Πράσινων Ανοδίων σε Η**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας των πράσινων ανοδίων σε υδρογόνο (ποσοστό επί τοις εκατό).

5ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Υπολείμματα Πίσσας**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας των υπολειμμάτων της πίσσας, εκφρασμένη σε τόνους (t).

Μετά την ολοκλήρωση του 5ου Βήματος εμφανίζεται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 που προέκυψαν από την καύση πτητικής πίσσας σε τόνους ανά έτος (t/έτος).

6.1.γ Φόρτωμα Κωκ

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Βαθμίδα Υπολογισμού**, πάτημα στο και επιλογή από τη Λίστα της Βαθμίδας υπολογισμού, με βάση την οποία γίνεται η μέτρηση των εκπομπών.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Κατανάλωση Φορτωμένου Κωκ**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του φορτωμένου κωκ που καταναλώθηκε, εκφρασμένη σε t κωκ / t καιόμενου ανοδίου.

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Παραγωγή Καμένων Ανοδίων**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ετήσιας ποσότητας των ανοδίων που κάηκαν, εκφρασμένη σε t καμένου ανοδίου / έτος.

Μόνο για τη Βαθμίδα 3:

4ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα Θείου στο Κωκ**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας του κωκ σε θείο (ποσοστό επί τοις εκατό).

5ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα Τέφρας στο Κωκ**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας του κωκ σε τέφρα (ποσοστό επί τοις εκατό).

Μετά την ολοκλήρωση του 3ου Βήματος (ή του 5ου Βήματος για την Βαθμίδα 3) εμφανίζεται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 που προέκυψαν από το φόρτωμα του κωκ σε τόνους ανά έτος (t/έτος).

6.2 Μέθοδος Söderberg

Για τη Μέθοδο Söderberg έχουμε:

6.2.α Άμεσες Εκπομπές

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Βαθμίδα Υπολογισμού**, πάτημα στο και επιλογή από τη Λίστα της Βαθμίδας υπολογισμού, με βάση την οποία γίνεται η μέτρηση των εκπομπών.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Συνολική Παραγωγή Αλουμινίου**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της συνολικής ετήσιας ποσότητας του αλουμινίου που παράχθηκε, εκφρασμένη σε t αλουμ. / έτος.

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Κατανάλωση Κόλλας**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της συνολικής ετήσιας ποσότητας κόλλας που καταναλώθηκε, εκφρασμένη σε t αλουμινίου / έτος.

4ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Εκπομπές από Διαλυτές Ύλες κυκλοεξανίου**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας που εκπέμπεται από τις διαλυτές ύλες κυκλοεξανίου, εκφρασμένη σε kg / t αλουμινίου.

5ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Άνθρακας σε σκόνη στα κελιά**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας της σκόνης άνθρακα που βρέθηκε στα κελιά Söderberg, εκφρασμένη σε t άνθρακα (C) / t αλουμινίου.

Μόνο για τη Βαθμίδα 3:

6ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα συνδ. Υλικού στην κόλλα**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας της κόλλας σε συνδετικό υλικό (ποσοστό επί τοις εκατό).

7ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα Θείου στην Πίσσα**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας της πίσσας σε θείο (ποσοστό επί τοις εκατό).

8ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα Τέφρας στην Πίσσα**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας της Πίσσας σε τέφρα (ποσοστό επί τοις εκατό).

9ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα Η στην Πίσσα**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας της Πίσσας σε υδρογόνο (Η) (ποσοστό επί τοις εκατό).

10ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα Θείου στο πυρωμένο κωκ**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας του πυρωμένου κωκ σε θείο (ποσοστό επί τοις εκατό).

11ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα Τέφρας στο πυρωμένο κωκ**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας του πυρωμένου κωκ σε τέφρα (ποσοστό επί τοις εκατό).

Μετά την ολοκλήρωση του 5ου Βήματος (ή του 11ου Βήματος για την Βαθμίδα 3) εμφανίζεται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι άμεσες εκπομπές του CO_2 που προέκυψαν από την παραγωγή αλουμινίου με τη μέθοδο Söderberg σε τόνους ανά έτος (t/έτος).

6.2.β Αγορές Πρώτων Υλών

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Συνολική Κατανάλωση Πίσσας**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της συνολικής ετήσιας ποσότητας της πίσσας που καταναλώθηκε, εκφρασμένη σε t πίσσας / έτος.

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στην Πίσσα**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας της Πίσσας σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

3ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Συνολική Κατανάλωση Κωκ**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της συνολικής ετήσιας ποσότητας του κωκ που καταναλώθηκε, εκφρασμένη σε t κωκ / έτος.

4ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στο Κωκ**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας του κωκ σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

5ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Συνολική Κατανάλωση Φορτωμένου Κωκ**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της συνολικής ετήσιας ποσότητας κωκ που καταναλώθηκε, εκφρασμένη σε t κωκ / έτος.

6ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στο φορτωμένο Κωκ**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας του φορτωμένου κωκ σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

7ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Συνολικά υποπροϊόντα C**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της συνολικής ετήσιας ποσότητας των υποπροϊόντων άνθρακα (C), εκφρασμένη σε t C / έτος.

8ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Συνολική Μάζα αγορασμένων Ανοδίων**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της συνολικής ποσότητας της μάζας ανοδίων που έχουν αγοραστεί σε ένα έτος, εκφρασμένη σε t ανοδίων / έτος.

9ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στα αγορασμένα Ανόδια**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας των αγορασμένων ανοδίων σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

10ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Συνολική Μάζα Πουλημένων Ανοδίων**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της συνολικής ποσότητας της μάζας ανοδίων που πουλιούνται σε ένα έτος, εκφρασμένη σε t πουλημένων ανοδίων / έτος.

11ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στα πουλημένα Ανόδια**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας των πουλημένων ανοδίων σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

Μετά την ολοκλήρωση του 11ου Βήματος εμφανίζεται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 που προέκυψαν από την αγορά πρώτων υλών με τη μέθοδο Söderberg σε τόνους ανά έτος (t/έτος).

Φύλλο Εργασίας: *7. Σίδηρος_Χάλυβας*

Στο Φύλλο αυτό ο χρήστης υπολογίζει τις εκπομπές του CO_2 που προκύπτουν από τις διαδικασίες παραγωγής σιδήρου και χάλυβα.

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης είναι:

1ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Κωκ που καταναλώθηκε για παραγωγή σιδήρου και άνθρακα - PC**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του κωκ που καταναλώθηκε για την παραγωγή, εκφρασμένη σε τόνους (t).

2ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στο PC**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας του εν λόγω κωκ σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

3ο Βήμα: Στη Στήλη με **Κωκ Καμίνου που καταναλώνεται στην Υψικάμινο - COB**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του κωκ που προέρχεται από την κάμινο και καταναλώνεται στην, εκφρασμένη σε τόνους (t).

4ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στο COB**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας του εν λόγω κωκ σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

5ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Γαιάνθρακας που εγχύθηκε στην Υψικάμινο - CI**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της συγκεκριμένης ποσότητας γαιάνθρακα, εκφρασμένη σε τόνους (t).

6ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στον CI**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας του εγχυμένου γαιάνθρακα σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

7ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ασβεστόλιθος που καταναλώνεται - L**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του ασβεστόλιθου που καταναλώνεται για την παραγωγή, εκφρασμένη σε τόνους (t).

8ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στον L**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας του εν λόγω ασβεστόλιθου σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

9ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Δολομίτης που καταναλώνεται - D**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του δολομίτη που καταναλώνεται για την παραγωγή, εκφρασμένη σε τόνους (t).

10° Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στον D**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας του εν λόγω δολομίτη σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

11° Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ηλεκτρόδια Άνθρακα που καταναλώθηκαν - CE**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας των ηλεκτροδίων άνθρακα που καταναλώθηκαν για την παραγωγή, εκφρασμένη σε τόνους (t).

12° Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στο CE**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας των αναφερόμενων ηλεκτροδίων σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

13° Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Άλλα υλικά που καταναλώνονται - O**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας των άλλων υλικών (ανθρακούχων και μη) που καταναλώθηκαν για την παραγωγή, εκφρασμένη σε τόνους (t).

14° Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στο O**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας των εν λόγω υλικών σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

15° Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Άλλα Αέρια Καμίνου Κωκ που καταναλώνονται στην Υψικάμινο - GOG**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας των άλλων αερίων που προέρχονται από την κάμινο του κωκ και καταναλώνονται στην υψικάμινο, εκφρασμένη σε m^3.

16° Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στα GOG**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας των αναφερόμενων αερίων σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

17° Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Ποσότητα Παραγόμενου Χάλυβα - S**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του χάλυβα που παράχθηκε, εκφρασμένη σε τόνους (t).

18° Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στον S**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας του χάλυβα που παράχθηκε σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

19° Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Παραγόμενος Σίδηρος που δεν μετατρέπεται σε χάλυβα - IP**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του σιδήρου που παράχθηκε και δεν μετατρέπεται σε χάλυβα, εκφρασμένη σε τόνους (t).

20° Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στον IP**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας του εν λόγω σιδήρου σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

21ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Αέριο Υψικαμίνου Κωκ που μεταφέρεται εκτός - BG**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της ποσότητας του αερίου που παράγεται στην υψικάμινο του κωκ και μεταφέρεται εκτός του τόπου παραγωγής, εκφρασμένη σε m^3.

22ο Βήμα: Στη Στήλη με τίτλο **Περιεκτικότητα C στα BG**, εισαγωγή (από το αριθμολόγιο) της περιεκτικότητας του αναφερόμενου αερίου σε άνθρακα (C) (ποσοστό επί τοις εκατό).

Μετά την ολοκλήρωση του 22ου Βήματος εμφανίζεται αυτόματα στη Στήλη **Συνολικές Εκπομπές CO_2** οι εκπομπές του CO_2 που προέκυψαν από την παραγωγή σιδήρου και χάλυβα σε τόνους (t).